

A network diagram consisting of dark blue nodes of varying sizes connected by thin lines. A large, double-lined dark blue circle is positioned on the right side, containing the text 'Acción frente al Radón' in a bold, red, serif font.

# Acción frente al Radón



MINISTERIO  
DE SANIDAD

**COLECCIÓN ESTUDIOS, INFORMES E INVESTIGACIÓN**  
**MINISTERIO DE SANIDAD**  
**2020**

*Edita y Distribuye:*

*© MINISTERIO DE SANIDAD*  
*Secretaría General Técnica*  
*Centro de Publicaciones*  
*Paseo del Prado, 18, 28014 Madrid*

*NIPO:*  
*Depósito Legal: pendiente tramitación*

**Autores:**

Ministerio de Sanidad

Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico

Consejo de Seguridad Nuclear



# **Acción frente al Radón**

# ÍNDICE

Introducción .....	2
El radón como factor de riesgo para la salud.....	4
Presencia de radón en ambientes interiores o cerrados .....	5
Efectos en salud.....	8
1. Radón y cáncer de pulmón .....	8
2. Factores adicionales de riesgo .....	14
Marco normativo.....	17
Objetivos de la acción frente al radón .....	25
Objetivo general.....	26
Objetivos estratégicos y específicos .....	26
Diagnóstico de situación .....	28
Situación actual en el ámbito europeo e internacional .....	29
Situación actual en España.....	31
Ejes de acción frente al radón .....	40
1. Conocimiento e infraestructura básica.....	41
2. Edificación.....	41
3. Lugares de trabajo .....	42
4. Zonas de actuación prioritaria .....	43
5. Comunicación y concienciación .....	43
6. Coordinación, gestión y evaluación de la acción frente al radón (eje transversal).....	43
Actuaciones .....	47
Bibliografía .....	76
Anexo.....	82
Cronograma de actuación .....	83
Acciones asociadas a cada objetivo y eje de la acción frente al radón y Organismo responsable .....	87

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estudios sobre el radón residencial y el cáncer de pulmón en España .....	12
Tabla 2. Porcentaje de mortalidad por cáncer de pulmón en Galicia atribuible a la exposición al radón y el tabaco. ....	13
Tabla 3. Estimación de la proporción de casos atribuibles al radón en distintos países europeos. ....	13

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Vías comunes de entrada del radón. Puntos débiles .....	6
Ilustración 2. Resumen del riesgo de cáncer de pulmón derivado del radón interior basado en análisis agrupados internacionales que combinan los datos individuales de varios estudios de casos y controles.....	9
Ilustración 3. Mapa europeo del radón.....	29
Ilustración 4. Mapa predictivo de exposición al radón de división del territorio en tres categorías de exposición potencial: baja (0), media (1) y alta (2). ....	33
Ilustración 5. Niveles de tasa de exposición a la radiación gamma natural en la España peninsular...	34
Ilustración 6. Mapa del potencial del radón .....	37
Ilustración 7. Mapa zonas de actuación prioritaria.....	38
Ilustración 8. Mapa de zonificación por municipio de radón.....	39

## GLOSARIO DE TÉRMINOS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS

<b>BEIR</b>	Efectos Biológicos de las Radiaciones Ionizantes
<b>BSS</b>	Normas de Seguridad Básicas
<b>CIEMAT</b>	Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas
<b>CSIC</b>	Consejo Superior de Investigaciones Científicas
<b>CSN</b>	Consejo de Seguridad Nuclear
<b>CTE</b>	Código Técnico de Edificación
<b>ENAC</b>	Entidad Nacional de Acreditación
<b>ERA</b>	Asociación Europea del Radón
<b>IARC</b>	Agencia Internacional de Investigación en Cáncer
<b>IETcc</b>	Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja
<b>ICRP</b>	Comisión Internacional de Protección Radiológica
<b>IGME</b>	Instituto Geológico y Minero de España
<b>LARUC</b>	Laboratorio de Radiactividad de la Universidad de Cantabria
<b>MARNA</b>	Mapa de Radiación Gamma Natural en España
<b>OIEA</b>	Organismo Internacional de Energía Atómica
<b>OMS</b>	Organización Mundial de la Salud
<b>RADPAR</b>	Proyecto Europeo de Prevención y Remediación frente al Radón
<b>RPSRI</b>	Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes
<b>SEPR</b>	Sociedad Española de Protección Radiológica
<b>USEPA</b>	Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos
<b>UTPR</b>	Unidades Técnicas de Protección Radiológica

## Resumen ejecutivo

La Directiva 2013/59/Euratom establece las normas de seguridad básicas para la protección contra los peligros derivados de la exposición a radiaciones ionizantes e insta a los Estados Miembros a desarrollar planes de acción que sirvan para reducir el riesgo de cáncer de pulmón atribuible a la exposición al radón.

Existe abundante evidencia científica que demuestra la asociación entre exposición a radón en ambientes interiores y cáncer de pulmón, lo que ha hecho que el radón sea considerado como un problema para la salud pública.

El radón se produce como consecuencia de la desintegración del uranio y se encuentra presente principalmente en zonas graníticas y puede desplazarse fácilmente al interior de viviendas y edificios en los cuales se puede acumular. En España, las zonas de carácter granítico se encuentran principalmente en Galicia, Extremadura, Castilla y León y Madrid. Es de destacar que los efectos de la exposición al radón se encuentran notablemente aumentados en fumadores.

Por tanto y siguiendo la Directiva 2013/59/Euratom, se desarrolla una acción frente al radón para así reducir los efectos en salud que se derivan de la exposición a este gas en ambientes interiores. En su desarrollo e implementación, se pretende conocer la magnitud del problema, reducir la exposición y potenciar la investigación en ambientes interiores, mediante la estimación de la concentración de radón en dichos ambientes, la elaboración de mapas, el desarrollo de una evaluación de riesgo que permita establecer niveles de referencia, y en consecuencia el establecimiento de medidas correctoras y preventivas, así como medidas de comprobación y validación, y la elaboración de una guía para el público.



**1**

# **Introducción**

El radón ( $Rn-222$ ) es un elemento químico radiactivo perteneciente al grupo de los gases nobles, gaseoso, incoloro, inodoro, más denso que el aire y soluble en el agua y otros líquidos. Procede de la cadena de desintegración del uranio ( $U-238$ ) que está presente en las rocas de la corteza terrestre.

El radón y sus descendientes de vida corta ( $Po-218$  y  $Po-214$ ) se vinculan a partículas que al ser inhaladas quedan retenidas en diferentes tramos del aparato respiratorio. Son los descendientes del radón los que emiten radiación alfa que impacta en las células del epitelio pulmonar, pudiendo producir alteraciones moleculares y finalmente cáncer de pulmón. Se trata de la fuente más importante de radiación natural a la que se encuentra expuesta la población general.

El radón que emana del terreno penetra en las edificaciones fundamentalmente a través de poros, grietas y fisuras pero también puede entrar mediante los materiales de construcción o el agua. Al ser más denso que el aire, se suelen dar mayores concentraciones de radón en los pisos bajos y casas con sótanos, dando lugar a concentraciones elevadas en el interior de las edificaciones. Se ha observado que las concentraciones de radón disminuyen a medida que nos alejamos del suelo (pisos más altos), en cambio esto no indica que no se puedan encontrar altas concentraciones de radón en puntos más elevados.

El radón fue declarado carcinógeno humano por la Agencia Internacional de Investigación en Cáncer (IARC) y la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (USEPA). La Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que entre un 3 y un 14% de los casos de cáncer de pulmón son atribuibles al radón residencial. El radón es, por tanto, la segunda causa más importante de cáncer de pulmón, después del tabaco, y la primera en no fumadores.

En España, la exposición ocupacional al radón está regulada de manera genérica desde 2001 por el título VII del Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes (RPSRI), aunque no fue hasta 2011 cuando se emitió legislación específica que aclarase y facilitase la aplicación de este título (Instrucción IS-33 del CSN).

En el año 2013 se publicó la Directiva 2013/59/Euratom del Consejo, de 5 de diciembre de 2013, por la que se establecen normas de seguridad básicas para la protección contra los peligros derivados de la exposición a radiaciones ionizantes (en adelante Directiva 2013/59/Euratom). Esta Directiva, en fase de transposición, establece en sus artículos 54, 74 y 103, y en su anexo XVIII, la necesidad de que los Estados Miembros lleven a cabo planes de acción para reducir a medio y largo plazo el riesgo de cáncer de pulmón atribuible a la exposición al radón. Estos requisitos suponen ampliar el alcance y el nivel de protección del actual marco regulador.

# 2

## **El radón como factor de riesgo para la salud**

El radón es la fuente de exposición a radiación ionizante natural más importante para los seres humanos. El radón es considerado la primera causa de cáncer de pulmón en no fumadores y la segunda en fumadores y ex fumadores.

La relación entre el radón y el cáncer de pulmón fue identificada por primera vez en los trabajadores de minas de uranio que se encontraban expuestos a altas concentraciones de gas radón (9, 10).

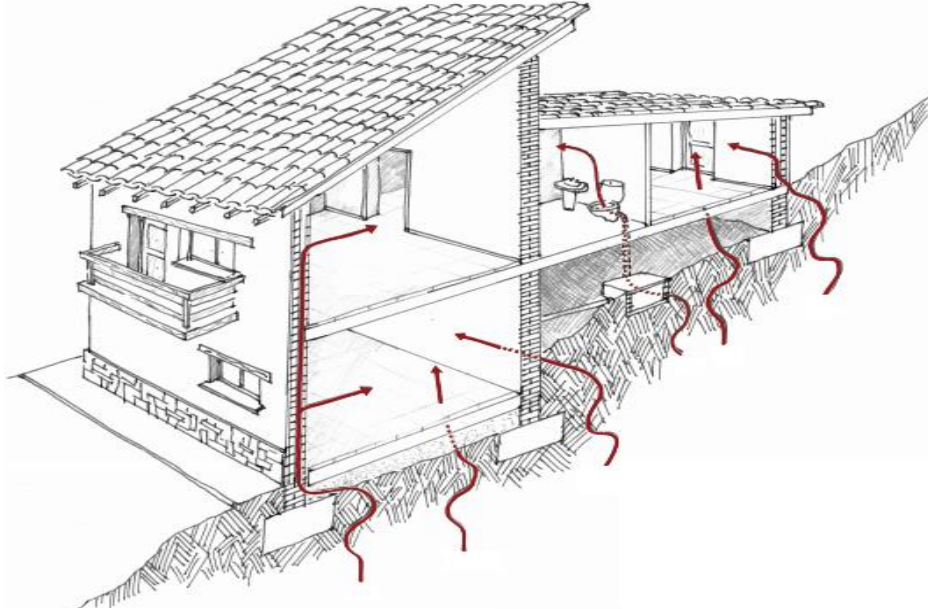
Tras ello, han sido desarrollados estudios epidemiológicos en los cuales se ha observado el riesgo derivado de la relación entre el cáncer de pulmón y exposición a radón en interiores. De estos cabe destacar los tres meta-análisis llevados a cabo respectivamente; en Europa (15, 16), Norteamérica (32, 33) y China (37). Sus resultados confirmaban que la exposición a radón en viviendas puede considerarse como un factor de riesgo para el desarrollo de cáncer de pulmón.

La OMS estima que el radón es la segunda causa de muerte por cáncer de pulmón después del tabaco y que entre el 3 y el 14% de los cánceres de pulmón pueden ser debidos a la inhalación de este gas (42).

### **Presencia de radón en ambientes interiores o cerrados**

El radón se produce, de forma natural, en el subsuelo, y emana a la superficie, en mayor o menor medida, dependiendo del tipo de terreno. Se produce más radón en zonas graníticas que en las arcillosas o calcáreas. Esto se debe a que el contenido de uranio y torio en el granito es mayor en este tipo de suelos que en otros como las areniscas, carbonatadas o basálticas (41).

Al aire libre el radón se diluye rápidamente, tiene concentraciones medias muy bajas (entre 5 Bq/m<sup>3</sup> a 15 Bq/m<sup>3</sup>) y no suele representar ningún problema. En cambio, en espacios cerrados, las concentraciones de radón son más elevadas, en especial en lugares como minas, cuevas y plantas de tratamiento de aguas, donde se registran los niveles más altos debido a que es un gas más denso que el aire. En edificios (como viviendas, escuelas y oficinas), las concentraciones de radón varían de <10 Bq/m<sup>3</sup> hasta más de 10.000 Bq/m<sup>3</sup> (41). El radón puede acceder a los edificios exhalado a través del terreno bajo el que está construida la vivienda, a través de los materiales utilizados para su construcción, o procedente de aguas subterráneas (19).

**Ilustración 1. Vías comunes de entrada del radón. Puntos débiles**

Fuente: Frutos Vázquez B et al. (2010).

El terreno es la principal fuente emisora de radón en la naturaleza, debido a la concentración de uranio (U-238) que se puede encontrar en él. Determinadas zonas de España cuentan con un elevado contenido de dicho elemento en el subsuelo, por lo que presentan una mayor probabilidad de que se localicen concentraciones elevadas de radón en el interior de las viviendas (21).

La principal forma de entrada del radón a los edificios y viviendas se debe a la filtración desde el terreno a través de grietas en los suelos y paredes, espacios alrededor de las tuberías o cables, o pequeños poros en las paredes. Las viviendas antiguas o aquellas con deficiencias constructivas tienen una mayor probabilidad de encontrar elevadas concentraciones de radón en el interior de las mismas, debido a una peor ventilación o a un peor aislamiento del terreno (19).

Otra fuente emisora de radón son algunos materiales empleados en la construcción, debido a los contenidos de radio (Ra-226) que poseen. El radón que exhalan estos materiales puede llegar a contribuir en torno al 20% de la concentración total de radón en una vivienda, favoreciendo el aumento de la concentración en torno a  $10 \text{ Bq/m}^3$  y  $20 \text{ Bq/m}^3$ . Entre los materiales que cuentan con contenido de radio (Ra-226) se encuentran los ladrillos cerámicos, hormigones, morteros de albañilería, yesos, cementos o cenizas volantes. Las

concentraciones de radón que se encuentran en los pisos superiores suelen estar relacionadas con los materiales de construcción (43).

La utilización de aguas subterráneas para el uso doméstico procedentes de pozos o manantiales, en aquellas zonas donde exista una elevada concentración de radón, puede favorecer un aumento de concentración de la misma. La presencia del radón en el agua se debe a la liberación procedente de rocas subterráneas. Una vez disuelto el radón en el agua subterránea accede al interior de la vivienda por sumideros o desagües, o bien difundándose en el aire desde grifos y duchas cuando se usa éste agua (19).

Es importante destacar que la concentración de radón en las viviendas no sólo depende del tipo de fuente de exposición, sino que existen otros factores ambientales que influyen en las concentraciones de radón (19), como son:

- Las infiltraciones de aire producidas por el viento pueden modificar las concentraciones de radón.
- Una mayor presión atmosférica ayudará a disminuir la entrada de radón en las viviendas debido al descenso del gradiente de presiones que existe entre el terreno y el interior de la vivienda. En cambio, si se produce un descenso en la presión atmosférica, se puede dar una mayor exhalación de radón desde el terreno al interior de la vivienda.
- El radón es más pesado que el aire, por lo que la altura respecto del suelo influye en la probabilidad de encontrar radón en las viviendas. Por ello, suelen darse mayores concentraciones de radón en pisos bajos y sótanos.
- La humedad ambiental y las lluvias saturan los suelos. Esta saturación genera que los poros se colmaten y el radón se disuelva en el agua desplazándose por corrientes subterráneas y obstaculizando la exhalación a la superficie.
- La temperatura afecta a los movimientos convectivos del aire como medio de transporte del radón, favoreciendo un incremento de las concentraciones de radón por las noches respecto del día, o en función de la estación del año.

## Efectos en salud

### 1. Radón y cáncer de pulmón

La relación causal del radón y las enfermedades respiratorias comienza a observarse en el siglo XVI debido a la mortalidad observada en determinados grupos de mineros. No es hasta el siglo XIX cuando se descubre que esa mortalidad era debida al cáncer de pulmón.

Tras diversos estudios realizados en mineros, la USEPA en 1987 establece el valor de 148 Bq/m<sup>3</sup> como la concentración de radón a partir de la cual deberían tomarse medidas de reducción en los domicilios; y un año más tarde la IARC clasifica el radón y sus descendientes como carcinógenos humanos del Grupo 1<sup>1</sup>.

Asimismo en 1987, el Comité sobre los Efectos Biológicos de las Radiaciones Ionizantes publicó los resultados de un análisis pormenorizado de los estudios realizados sobre el radón en mineros y sobre el radón en animales, el BEIR IV «*Biological Effects of Ionizing Radiation*», en el cual se asocia el riesgo de padecer cáncer de pulmón con la exposición a radón. En 1999 se publicó una actualización del estudio BEIR IV (denominado BEIR VI), donde se indica que el radón es el segundo factor de riesgo de cáncer de pulmón después del tabaco. Para la realización de este segundo estudio se tuvieron en cuenta 11 estudios de cohortes donde se incluía un total de 68.000 mineros de Europa, América del Norte, Asia y Australia (9, 10).

Los estudios realizados sobre mineros apuntaban a la posibilidad de que el riesgo pudiera aparecer en la población general debido a la exposición que tiene lugar en el interior de las viviendas y edificios de trabajo, desde entonces se han realizado numerosos estudios epidemiológicos observacionales sobre el radón residencial y el riesgo de cáncer de pulmón en distintos países, que a pesar de cierta heterogeneidad han seguido revelando una asociación causal entre la exposición prolongada al radón residencial y el cáncer de pulmón.

Existen tres análisis agrupados que son tomados como referencia en la relación entre el radón residencial y el cáncer de pulmón: el análisis agrupado europeo, el análisis agrupado norteamericano y el análisis agrupado chino (15, 16, 32, 37). Todos ellos coinciden en identificar un incremento del 16% (IC95%: 5-31%), del 11% (IC95%: 0-28%) y del 13% (IC95%: 1-36%) respectivamente en el riesgo de cáncer de pulmón derivado del radón residencial (

Ilustración 2). De los tres estudios, es el europeo el que proporciona unos resultados más robustos y por ello se toma como referencia, puesto que es el único que se basa en la concentración media de radón a largo plazo para realizar la valoración detallada de los

---

<sup>1</sup> Procesos industriales, compuestos químicos o grupos de los mismos que son cancerígenos para el hombre. Las condiciones de la exposición conllevan exposiciones probadas como carcinógenas para el ser humano.

riesgos de radón residencial, mientras que los otros dos se realizan a partir de la concentración medida puntualmente de radón.

Todos los estudios coinciden en que el porcentaje de riesgo no varía ante cambios de edad o sexo. También establecen una relación incremental (a mayor exposición, mayor riesgo) de carácter lineal, sin que se pueda determinar un nivel umbral por debajo del cual no exista riesgo.

Tras la publicación de múltiples estudios, la OMS publica en el año 2009 un «*Manual sobre el radón en interiores: Una perspectiva de salud pública*», exponiendo los resultados obtenidos hasta la fecha de estudios epidemiológicos que ponían de manifiesto que el radón en las viviendas aumentaba el riesgo de cáncer de pulmón en la población general, aunque no se demostraba otros efectos del radón sobre la salud. Además, destaca que es mucho más probable que el radón provoque cáncer de pulmón en personas que fuman o han fumado a lo largo de su vida, que en quienes nunca lo han hecho, mostrando un efecto sinérgico entre el radón y el tabaco. Por lo tanto, el radón se ha convertido así en la segunda causa externa de cáncer de pulmón, solo superado por el tabaco, y la primera en no fumadores.

Como se destacaba en los meta-análisis, también se expone en este informe de la OMS que, hasta la fecha, no se conoce una concentración umbral por debajo de la cual la exposición al radón no suponga ningún riesgo y que incluso concentraciones de radón muy bajas pueden dar lugar a un pequeño incremento en el riesgo de cáncer de pulmón (42, 65).

## Ilustración 2. Resumen del riesgo de cáncer de pulmón derivado del radón interior basado en análisis agrupados internacionales que combinan los datos individuales de varios estudios de casos y controles

	N.º de estudios incluidos	N.º de casos de cáncer de pulmón	N.º de controles	Periodo de exposición (años) <sup>a</sup>	Incremento porcentual del riesgo de cáncer de pulmón por cada 100 Bq/m <sup>3</sup> de aumento de la concentración de radón	
					basado en el radón medido	basado en la concentración media de radón a largo plazo <sup>b</sup>
Análisis agrupados de estudios sobre el radón en el interior de las viviendas						
Europeo (Darby et al. 2005, 2006)	13	7 148	14 208	5-35	8 (3, 16)	16 (5, 31)
Norteamericano (Krewski et al. 2005, 2006)	7	3 662	4 966	5-30	11 (0, 28)	-
Chino (Lubin et al. 2004)	2	1 050	1 995	5-30	13 (1, 36)	-

<sup>a</sup> Considerando las concentraciones de radón durante el periodo comprendido entre 35 y 5 años antes de la fecha del diagnóstico en los casos de cáncer de pulmón.

<sup>b</sup> Realizando los ajustes correspondientes a la variabilidad aleatoria interanual de la concentración de radón en interiores  
Fuente: OMS (2015).



## Estudios sobre radón en España

En España también existen estudios específicos sobre la relación entre el radón residencial y el cáncer de pulmón. Hasta hoy día se han desarrollado cuatro estudios de casos y controles, tres de ellos realizados en Galicia y uno en Cantabria. Los estudios gallegos han reportado resultados donde se manifiesta que existe riesgo de cáncer de pulmón por radón incluso a partir de bajas concentraciones, junto con una fuerte sinergia con el consumo de tabaco, similares a los encontrados en el marco Europeo. En cambio, el estudio realizado en Cantabria no encontró asociación entre el radón y el cáncer de pulmón, debido posiblemente a que Cantabria no es una zona de alta exposición al radón como lo es Galicia (7, 8, 36, 59).

Galicia está catalogada como una zona de riesgo por radón residencial, donde más del 20% de las viviendas cuentan con unas mediciones de concentración de radón en sus hogares mayores de 200 Bq/m<sup>3</sup>, de ahí que la mayoría de estudios estén centrados en esta área geográfica.

El primer estudio, publicado en 2002, incluye 163 casos y 241 controles en el área de Santiago de Compostela (Galicia). La media aritmética de radón fue de 129,5 Bq/m<sup>3</sup>, y la media geométrica de 69,3 Bq/m<sup>3</sup>; el 22,2% de las viviendas estudiadas se encontraban expuestas a una concentración de radón de 148 Bq/m<sup>3</sup> o más. Los resultados observaron un riesgo de 2,73 (IC95% 1,12-5,48); 2,48 (IC95% 1,29-6,79) y 2,96 (IC95% 1,29-6,79) para los expuestos a 37-55,1; 55,2-147,9 y 148 Bq/m<sup>3</sup> o más, tomando como referencia los expuestos a menos de 37 Bq/m<sup>3</sup>. Los resultados obtenidos en este estudio participaron en la elaboración del análisis agrupado europeo (7).

Posteriormente, en 2007, se publicó un estudio realizado en Cantabria donde no se encuentra una asociación entre las concentraciones de radón residencial y el cáncer de pulmón. El estudio consta de 86 casos y 172 controles de Cantabria entre enero de 2002 y agosto de 2003. La exposición media registrada en los domicilios fue de 46,8 Bq/m<sup>3</sup> para los casos, y de 42,9 Bq/m<sup>3</sup> en los controles. Los resultados obtenidos muestran un riesgo de 0,95 (IC95% 0,33-2,65) para los expuestos a más de 37 Bq/m<sup>3</sup>, tomando como referencia los expuestos a menos de 37 Bq/m<sup>3</sup>. La región de Cantabria se caracteriza por bajos valores de actividad de radón, de ahí los resultados obtenidos en el estudio (36).

En 2012 se publica otro estudio realizado en el área de Santiago de Compostela y Ourense. En él se incluyen 349 casos y 513 controles entre 2004 y 2008. Los resultados indican que hay más casos que controles expuestos a altas concentraciones de radón, entre el 18,6% y el 20,1% de los casos estaban expuestos a 101-147 y >147 Bq/m<sup>3</sup> respectivamente, en comparación con el 14% y el 15% de los controles. Se observó que el riesgo de cáncer de

pulmón sí se incrementaba con la exposición al radón residencial. El riesgo era estadísticamente significativo a partir de 50 Bq/m<sup>3</sup> con unos riesgos del 1,87 (IC95% 1,21-2,88); 2,25 (IC95% 1,32-3,84) y 2,21 (IC95% 1,33-3,69) para los expuestos a 50-100 Bq/m<sup>3</sup>, 101-147 Bq/m<sup>3</sup>, y más de 148 Bq/m<sup>3</sup>, comparado con los expuestos a menos de 50 Bq/m<sup>3</sup> respectivamente (8).

Por último, en 2014 se publica un estudio que tiene como objetivo estimar el efecto de la exposición al radón residencial y el riesgo de cáncer de pulmón en no fumadores y conocer si el humo de tabaco ambiental modifica el efecto del radón residencial. El estudio se realiza en Galicia y Asturias tomando 192 casos y 329 controles entre 2011 y 2013. El 48% de los casos se encontraba expuesto a una exposición >200 Bq/m<sup>3</sup> comparado con el 29,4% de los controles. Los resultados muestran un riesgo significativo de 2,42 (IC95% 1,45-4,06) para los no fumadores expuestos a >200 Bq/m<sup>3</sup> en comparación con los expuestos a <100 Bq/m<sup>3</sup>. Junto con esto, se observa un riesgo de 1,99 (IC95% 1,16-3,41) para los expuestos a concentraciones de radón >200 Bq/m<sup>3</sup> y que no han vivido con fumadores. Este riesgo cambia a 2,75 (IC95% 1,44-5,25) para aquellos que expuestos a la misma concentración de radón y que han vivido entre 1 y 35 años con fumadores. Se trata del primer estudio que sugiere la posible asociación entre la exposición al radón residencial y al humo del tabaco ambiental en el riesgo de cáncer de pulmón (59).

Junto a estos estudios, existe un estudio de cohortes llevado a cabo recientemente en Galicia donde se relaciona la asociación entre cáncer de pulmón y radón usando el mapa de radón de Galicia (realizado a partir de un estudio cross-sectional) y controles de un estudio previo de casos-controles. De un total de 2.127 participantes fueron finalmente analizados 1.932 y se identificaron 24 casos de cáncer de pulmón. El riesgo relativo para la categoría de los individuos expuestos a 50 Bq/m<sup>3</sup> o más fue 1,2 (95%CI: 0,5-2,8), aunque no se ha observado una asociación estadísticamente significativa entre la exposición al radón residencial y el cáncer de pulmón. Sin embargo, sí parece que con una muestra de individuos de mayor edad, el riesgo de cáncer de pulmón habría sido mayor (6).

Además de estudios de casos-controles y cohortes, en 2015 se llevó a cabo un estudio ecológico en Galicia, cuyo objetivo fue analizar la correlación entre mortalidad por cáncer de pulmón y exposición a radón residencial en los municipios gallegos. En este estudio, se incluyen 192 municipios con al menos 3 mediciones de radón residencial cada uno y para obtener los datos relativos a la mortalidad por cáncer de pulmón, el número de muertes observadas se obtuvo del Registro de Mortalidad de Galicia, para calcularse posteriormente las razones de mortalidad estandarizadas (RME) de cáncer de pulmón para ambos sexos durante el período 1980-2009. Las concentraciones medianas de radón residencial para cada municipio se correlacionaron con las RME por cáncer pulmonar y los resultados indican que la concentración mediana de radón residencial en los municipios analizados fue de 75

Bq/m<sup>3</sup>, variando en un rango de 40,7 a 154 Bq/m<sup>3</sup>. Además, se observa que la correlación entre las RME por cáncer de pulmón y la concentración de radón es significativa para los varones ( $p = 0,023$ ), concluyéndose que existe asociación entre radón residencial y mortalidad municipal por cáncer de pulmón en varones, mientras que en mujeres esta asociación no es estadísticamente significativa ( $p = 0,087$ ) y no se puede establecer ninguna conclusión (4).

**Tabla 1. Estudios sobre el radón residencial y el cáncer de pulmón en España**

Autor, Año	Tipo, lugar	Tamaño Muestral	Resultados
Torres-Durán M et al. 2014	Galicia y Asturias, España	192 casos y 329 controles	Nunca fumadores. Riesgo de 2,42 (IC95% 1,45-4,06) para los expuestos a > 200 Bq/m <sup>3</sup> comparados con los expuestos < 100 Bq/m <sup>3</sup>
Barros-Dios et al. 2012	Ourense y Santiago de Compostela, Galicia, España	349 casos y 513 controles	Riesgos de 1,87 (IC95% 1,21-2,88); 2,25 (IC95% 1,32-3,84) y 2,21 (IC95% 1,33-3,69) para los expuestos a 50-100, 101-147 y más de 148 Bq/m <sup>3</sup> comparados con los expuestos a menos de 50 Bq/m <sup>3</sup> respectivamente
Lorca J et al. 2007	Cantabria, España	86 casos y 172 controles	Riesgo de 0,95 (IC95% 0,33-2,65) para los expuestos a >37 Bq/m <sup>3</sup> , tomando como referencia los expuestos a menos de 37 Bq/m <sup>3</sup>
Barros-Dios et al. 2002	Santiago de Compostela, Galicia, España	163 casos y 241 controles	Riesgos de 2,73 (IC95% 1,12-5,48); 2,48 (IC95% 1,29-6,79) y 2,96 (IC95% 1,29-6,79) para los expuestos a 37-55,1; 55,2-147,9 y 148 Bq/m <sup>3</sup> o más, tomando como referencia los expuestos a menos de 37 Bq/m <sup>3</sup>
Barbosa-Lorenzo et al. 2015	Galicia, España	Población por municipios gallegos de 1980 a 2009	Correlación significativa entre RME por cáncer de pulmón en varones y la concentración de radón
Barbosa-Lorenzo et al. 2017	Galicia, España	1.932 individuos	Riesgo de 1,2 (95%CI: 0,5-2,8), para los expuestos a 50 Bq/m <sup>3</sup> o más

### Carga de enfermedad del radón residencial

El concepto de carga de la enfermedad se refiere al número de casos de cáncer de pulmón atribuibles al radón residencial. La OMS estima que en todo el mundo la concentración media de radón en interiores es de 39 Bq/m<sup>3</sup>, y que entre un 3 y un 14% de los casos de cáncer de pulmón en el mundo están relacionados con el radón residencial dependiendo de la concentración media de radón en el país correspondiente.

En España únicamente existe un estudio que analiza la carga de enfermedad del radón residencial (45). Este trabajo estima el porcentaje de muertes por cáncer de pulmón que están relacionadas con la exposición al radón residencial en Galicia. Los resultados estiman que entre un 3 y 5% de la mortalidad por cáncer de pulmón es exclusivamente por exposición al radón residencial. La mortalidad atribuible al efecto combinado del radón y el

tabaco se encuentra en torno al 22% para los expuestos a niveles por encima de 148 Bq/m<sup>3</sup>. Con todo ello, aplicando el nivel de acción que establece la USEPA (148 Bq/m<sup>3</sup>), el radón participaría en el 25% de las muertes por cáncer de pulmón en Galicia.

**Tabla 2. Porcentaje de mortalidad por cáncer de pulmón en Galicia atribuible a la exposición al radón y el tabaco.**

	148 Bq/m <sup>3</sup>	
	Muertes atribuibles (%)	Nº muertes
No expuesto-No fumadores	7,98%	105
No expuestos-Exfumadores	38,78%	509
No expuesto-Fumadores	27,93%	367
Expuestos-No fumadores	3,29%	43
Expuestos-Exfumadores	6,61%	87
Expuestos-Fumadores	15,41%	202
Total	100%	1.313

Fuente: Pérez-Ríos M et al. (2010).

En otros países como Alemania, Suiza, Francia, Reino Unido o Italia se han publicado estimaciones de la carga de enfermedad del radón residencial. La mayoría de ellos utilizan una metodología similar, basada en utilizar como estimación de riesgo de cáncer de pulmón atribuible al radón residencial los resultados del análisis agrupado europeo. Los resultados varían desde el 3,3% de casos de cáncer de pulmón atribuibles al radón en Reino Unido, al 10% en Italia (11, 13, 24, 38)

**Tabla 3. Estimación de la proporción de casos atribuibles al radón en distintos países europeos.**

País	Concentración media de radón en interiores [Bq/m <sup>3</sup> ]	Porcentaje de los casos de cáncer de pulmón atribuibles al radón [%]	Nº de muertes anuales estimadas de cáncer de pulmón inducido por radón
Alemania (Menzler et al. 2008)	49	5	1.896
Suiza (Menzler et al. 2008)	78	8,3	231
Francia (Catelinois et al. 2006)	89	5	1.234
Reino Unido (Gray et al 2009)	21	3,3	1.089
Italia (Bochicchio et al. 2012)	71	10	3.326

Fuente: adaptado de OMS (2015).

Existe suficiente evidencia científica que demuestra la relación entre la exposición al radón residencial y el cáncer de pulmón. Sin embargo, son pocos los estudios que relacionan la exposición al radón con otras enfermedades y sigue siendo necesario profundizar en este campo. Aun así, en España existen estudios que sugieren una relación causal entre la exposición al radón residencial y el cáncer de esófago y el cáncer cerebral, entre otros (56, 57). Otros países han realizado investigaciones sobre la asociación entre el radón residencial y otras enfermedades distintas al cáncer de pulmón. En algunas de ellas, se encontraron relaciones entre la exposición al radón y el desarrollo de cáncer de piel (63), leucemia linfoblástica aguda (49), tumores del sistema nervioso central (12) y enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) (60). Estas asociaciones son demasiado débiles para ser concluyentes, si bien conviene tenerlos en consideración para futuros estudios.

## 2. Factores adicionales de riesgo

Los estudios realizados hasta el momento no parecen demostrar que el sexo o la edad actúen como factores de riesgo asociados con la exposición a radón. Sin embargo, el tabaco, el lugar de residencia o la ocupación sí han demostrado favorecer el riesgo en el desarrollo de cáncer de pulmón asociado a la exposición a radón.

### *Factores extrínsecos (modificables):*

- **Tabaco:** Según datos de la OMS, el radón ejerce un efecto sinérgico con el tabaco en el riesgo de desarrollar cáncer de pulmón. Estos datos muestran que el riesgo para un fumador de sufrir un cáncer de pulmón aumenta hasta 25 veces comparado con un no fumador. Esto supone que, de haber vivido en una zona libre de este gas, las posibilidades de sufrir cáncer serían mucho más bajas (42).

Un ejemplo importante es el modelo BEIR VI, que además de la relación de la exposición a radón y cáncer de pulmón, pretendía demostrar un sinergismo entre la exposición a radón y tabaco en el riesgo de cáncer de pulmón. En base a BIER VI, la USEPA estima que al nivel de radón de  $148 \text{ Bq/m}^3$  (4 pCi/L), el riesgo de inducir cáncer en no fumadores es de 7 sobre 1000, comparado con 62 sobre 1000 en fumadores (10).

Otros estudios, han seguido esta línea demostrando resultados similares de este sinergismo, sugiriendo una fuerte interacción entre la exposición a radón y el tabaco, es decir, que los fumadores tienen más riesgo de morir por cáncer de pulmón inducido por radón que los no fumadores. En base a esto, la revisión europea concluye que la mayoría de las muertes relacionadas con radón ocurrían en individuos que fumaban (15, 16).

Debido a esta asociación, diversas fuentes han discutido sobre una política conjunta en la prevención del tabaquismo y la exposición a radón. Se considera que proporciona una oportunidad más rentable en la reducción de la carga de radón en la salud, debido a que las políticas de control de radón residencial serían más efectivas y eficientes al combinarse con la prevención y control de tabaco. Argumentan que trabajar en ambas líneas a la vez podría disminuir la tasa de incidencia del cáncer de pulmón, que según los datos no solo no desciende sino que se está incrementando, sobre todo en las zonas donde se conoce que los niveles de radón son altos. Un campo de trabajo necesario será el llevar a cabo actividades coordinadas para en el control conjunto de radón y tabaco (35).

- **Ocupación:** Los estudios en trabajadores de minas subterráneas expuestos al radón, generalmente a concentraciones altas, han demostrado un aumento del riesgo de cáncer de pulmón (9, 10). Las tasas de cáncer de pulmón en mineros expuestos al radón han sido estudiados mediante diseños de cohortes, donde se identifica a trabajadores empleados en minas durante un determinado periodo de tiempo sometiéndolos a seguimiento, independientemente de que sigan o no trabajando en la mina, para al final de ese periodo determinar el estado vital de cada trabajador.

El trabajo en lugares cerrados o subterráneos entraña también un mayor riesgo de cáncer de pulmón cuando existen concentraciones elevadas de radón interior. En el ámbito laboral, al igual que en el domicilio, la exposición puede extenderse durante toda la jornada laboral y a lo largo de años, lo que supone un riesgo relevante.

- **Residencia:** como ya se ha detallado anteriormente, existen numerosos estudios que relacionan la exposición de radón residencial con riesgo de cáncer de pulmón. Especialmente, como punto de partida importante de esta relación, podemos destacar los tres análisis agrupados (europeo, norteamericano y chino), los cuales coinciden en el riesgo de cáncer de pulmón derivado del radón residencial (15, 16, 32, 33, 37). En este caso, la ubicación de la residencia no es tan modificable como las características de la misma. En este sentido existen medidas de remediación en viviendas y edificios con el objetivo de disminuir la exposición al radón de los ocupantes.

### **Factores intrínsecos (no modificables):**

- **Sexo:** No aparece haber una relación clara de asociación entre el sexo y radón y el riesgo de cáncer. No obstante, en diferentes estudios se han encontrado correlaciones significativas de riesgo de cáncer de pulmón por exposición a radón en varones, pero no en mujeres. Esto podría ser debido que la mayoría de los estudios de radón residencial y cáncer de pulmón se han desarrollado fundamentalmente en varones y que la

incidencia de cáncer de pulmón en España ha sido mayor en varones debido a su asociación con el tabaco.

Un hallazgo muy interesante del estudio ecológico llevado a cabo por Barbosa-Lorenzo et al. (4) en Galicia se trata de la correlación, cercana a la significación estadística, en mujeres. En este caso, un elevadísimo porcentaje de las mujeres incluidas en este estudio nunca había fumado. El cáncer de pulmón tiene su pico de incidencia entre los 65-70 años, y en los años incluidos en el análisis las mujeres gallegas apenas eran fumadoras, lo cual pone de evidencia que el radón sí podría influir en el riesgo de muerte por cáncer de pulmón.

- **Edad:** al igual que en el caso anterior, la edad tampoco ha demostrado ser un factor de riesgo en el cáncer atribuible al radón; no se observa mayor riesgo en un grupo de edad que en otro. Lo que sí tiene influencia es el periodo de exposición, dado que el aumento del tiempo de exposición aumentaría la probabilidad de desarrollar un efecto adverso en salud. Es decir, un individuo de menor edad que viva en unas condiciones determinadas de exposición a radón va a pasar más tiempo expuesto durante su vida que otra persona más mayor en las mismas condiciones. En este contexto, la edad supondría el aumento del riesgo en el desarrollo de cáncer debido al aumento en el tiempo de exposición, no a la edad per se.

**3**

# **Marco normativo**



El marco normativo europeo viene constituido por la Directiva 2013/59/Euratom y se dispone en el artículo 54, 74, 103 y el anexo XVIII.

El **artículo 54** se refiere al **radón en los lugares de trabajo** e indica que:

*1. Los Estados miembros establecerán niveles nacionales de referencia para las concentraciones de radón en recintos cerrados en los lugares de trabajo. El nivel de referencia para el promedio anual de concentración de actividad en el aire no superará los 300 Bq/m<sup>3</sup>, a menos que esté justificado por circunstancias existentes a nivel nacional.*

*2. Los Estados miembros requerirán que las mediciones de radón se lleven a cabo:*

*a) en lugares de trabajo que estén dentro de las zonas identificadas de acuerdo con el artículo 103, apartado 3, y que estén situados en la planta baja o en el sótano, teniendo en cuenta los parámetros recogidos en el plan de acción nacional según lo indicado en el anexo XVIII, punto 2, así como,*

*b) en tipos específicos de lugares de trabajo definidos en el plan de acción nacional teniendo en cuenta el anexo XVIII, punto 3.*

*3. En las zonas de los lugares de trabajo en que la concentración de radón (como promedio anual) siga superando el nivel de referencia nacional a pesar de las medidas adoptadas de acuerdo con el principio de optimización según lo expuesto en el capítulo III, los Estados miembros requerirán que esa situación se notifique de acuerdo con el artículo 25, apartado 2, y será de aplicación el artículo 35, apartado 2.*

El **artículo 74** trata sobre **la exposición al radón en recintos cerrados**:

*1. Los Estados miembros establecerán niveles nacionales de referencia para las concentraciones de radón en recintos cerrados. Los niveles de referencia para el promedio anual de concentración de actividad en el aire no superarán los 300 Bq/m<sup>3</sup>.*

*2. Con arreglo al plan de acción nacional indicado en el artículo 103, los Estados miembros fomentarán la adopción de medidas para identificar aquellas viviendas donde el promedio anual de concentraciones de radón supere el nivel de referencia y fomentarán, cuando proceda, la adopción de medidas para reducir la concentración de radón en dichas viviendas por medios técnicos o de otro tipo.*

*3. Los Estados miembros garantizarán que se facilite la información local y nacional relativa a la exposición al radón en recintos cerrados y a los riesgos asociados para la salud, así como sobre la importancia de efectuar medidas de radón y sobre los medios técnicos disponibles para reducir las concentraciones de radón existentes.*

Por último, el **artículo 103** insta a que los Estados miembros establezcan un **plan de acción para el radón**.

- 1. En aplicación del artículo 100, apartado 1, los Estados miembros establecerán un plan de acción a nivel nacional para hacer frente a los riesgos a largo plazo debidos a las exposiciones al radón en viviendas, edificios de acceso público y lugares de trabajo para cualquier vía de entrada del radón, ya sea el suelo, los materiales de construcción o el agua. El plan de acción tendrá en cuenta las cuestiones expuestas en el anexo XVIII y se actualizará de forma periódica.*
- 2. Los Estados miembros garantizarán que se adopten las medidas adecuadas para impedir que el radón entre en los edificios de nueva construcción. Entre estas medidas se podrán incluir requisitos específicos en los códigos de edificación nacionales.*
- 3. Los Estados miembros identificarán aquellas zonas en las que se espere que el promedio anual de concentración de radón en un número significativo de edificios supere el nivel de referencia nacional correspondiente.*

El citado **Anexo XVIII** constituye la lista de aspectos que deberán considerarse para la **preparación del plan de acción nacional** destinado a hacer frente a los riesgos a largo plazo derivados de las exposiciones al radón a que se refieren los artículos 54, 74 y 103. Dicha lista se conforma de:

- 1. Estrategia para realizar estudios de las concentraciones de radón en recintos cerrados o las concentraciones de gas en el terreno, con vistas a calcular la distribución de las concentraciones de radón en recintos cerrados para la gestión de los datos de las medidas y para el establecimiento de otros parámetros destacados (como los tipos de suelo y roca, la permeabilidad y el contenido de radio-226 en la roca o el suelo).*
- 2. El planteamiento, los datos y los criterios utilizados para la delimitación de zonas o para la definición de otros parámetros que puedan utilizarse como indicadores específicos de situaciones con una exposición potencialmente elevada al radón.*
- 3. La identificación de los tipos de lugares de trabajo y edificios con acceso público, por ejemplo escuelas, lugares de trabajo subterráneos o los situados en determinadas zonas, en los que se requiere la realización de medidas sobre la base de una evaluación del riesgo, teniéndose en cuenta, por ejemplo, las horas de ocupación.*
- 4. La base para el establecimiento de los niveles de referencia para viviendas y lugares de trabajo. En su caso, la base para el establecimiento de distintos niveles de referencia en*

*función de los distintos usos de los edificios (viviendas, edificios con acceso público, lugares de trabajo) así como para los edificios existentes y para los nuevos.*

**5.** *Asignación de responsabilidades (gubernamentales y no gubernamentales), mecanismos de coordinación y recursos disponibles para poner en práctica el plan de acción.*

**6.** *Estrategia para reducir la exposición al radón en viviendas y para dar prioridad a las situaciones indicadas en el punto 2.*

**7.** *Estrategias que faciliten la ejecución de medidas correctoras con posterioridad a la construcción.*

**8.** *Estrategia, incluidos métodos y técnicas, para prevenir la entrada del radón en edificios de nueva construcción, incluida la identificación de aquellos materiales de construcción con una exhalación significativa de radón.*

**9.** *Programación de las revisiones del plan de acción.*

**10.** *Estrategia de comunicación para aumentar la concienciación pública e informar a los responsables locales de la toma de decisiones, a los empresarios y a los trabajadores sobre los riesgos del radón, también en su relación con el tabaco.*

**11.** *Orientación sobre los métodos y técnicas de medida y aplicación de medidas correctoras. También deberán considerarse los criterios de acreditación de los servicios de realización de medidas y de rehabilitación.*

**12.** *Si procede, prestación de apoyo financiero para realizar campañas de medida de radón y para la aplicación de medidas correctoras, en particular para viviendas privadas con concentraciones de radón muy elevadas.*

**13.** *Objetivos a largo plazo para reducir el riesgo de cáncer de pulmón atribuible a la exposición al radón (para fumadores y no fumadores).*

**14.** *Cuando proceda, consideración de otros asuntos relacionados y de los programas correspondientes, como los programas de ahorro energético y de la calidad del aire en recintos cerrados.*

Esta normativa europea se transpone en el marco normativo español a través del proyecto de Reglamento sobre protección de la salud contra los riesgos derivados de la exposición a las radiaciones ionizantes. Respecto al radón, este proyecto presentará los siguientes

artículos en los que se recogen y desarrollan los principales puntos mencionados anteriormente.

El **artículo 19** versa sobre las **medidas frente al radón en los lugares de trabajo** en estos apartados:

*2. En los lugares de trabajo especificados en el apartado 1 del artículo 75, el titular de la actividad laboral reevaluará, con la frecuencia que en cada caso establezca el Consejo de Seguridad Nuclear, las concentraciones de radón en el lugar de trabajo y estimará las dosis efectivas anuales debidas al radón que puedan recibir los trabajadores con acceso a las zonas que presenten concentraciones superiores, en promedio anual, al correspondiente nivel de referencia.*

*3. Cuando en alguno de los lugares de trabajo a los que se refiere el apartado 2 de este artículo haya trabajadores cuya dosis efectiva anual debida al radón pueda ser superior a 6 mSv, el titular de la actividad laboral deberá establecer las medidas de protección radiológica aplicables. El alcance de estas estará en función del riesgo asociado y, en particular, serán de aplicación los artículos 10, 16, 23, 24, 25, 31 (apartados 2-4), 32, 36, y, en lo relativo a la sección 3ª del capítulo III, las disposiciones para trabajadores de categoría A.*

En este mismo aspecto, el **artículo 31** trata de la **vigilancia del radón en los lugares de trabajo**:

*2. En los lugares de trabajo especificados en el apartado 3 del artículo 19, la vigilancia radiológica comprenderá:*

*a) La medición de la concentración de actividad del radón en el aire.*

*b) En los casos que determine el Consejo de Seguridad Nuclear, la medición del factor de equilibrio y de la distribución de tamaño de aerosoles, o bien la medición de las concentraciones de actividad en el aire de los descendientes del radón de vida corta.*

El **artículo 72** establece los **niveles de referencia de radón** en el aire de recintos cerrados:

*Se establecen los siguientes niveles de referencia:*

*a) Para la exposición al radón en recintos cerrados, 300 Bq m<sup>-3</sup>, en términos del promedio anual de concentración de radón en el aire, tanto para las viviendas o los edificios de acceso público como para los lugares de trabajo.*

En este proyecto se encuentra el **Capítulo III** dedicado a la exposición al radón. En los **artículos 75 y 76** se recogen los requisitos referentes al **radón en los lugares de trabajo**:

**Artículo 75. Obligaciones del titular.**

**1.** Los titulares de las actividades laborales que se desarrollen en los siguientes lugares de trabajo:

**a)** lugares de trabajo subterráneos, como obras, túneles, minas o cuevas.

**b)** lugares donde se procese, manipule o aproveche agua de origen subterráneo.

**c)** todos los lugares de trabajo situados en planta bajo rasante o planta baja de los términos municipales de actuación prioritaria a los que hace referencia el artículo 79, deberán determinar la concentración promedio anual de radón en todas las zonas del lugar de trabajo en las que los trabajadores deban permanecer o a las que puedan acceder por razón de su trabajo, excluidas las zonas al aire libre.

**2.** Cuando en un lugar de trabajo haya zonas con concentraciones de radón que, en promedio anual, superen el nivel de referencia de  $300 \text{ Bq/m}^3$ , el titular de la actividad laboral deberá tomar las medidas oportunas para reducir las concentraciones y/o la exposición al radón, de acuerdo con el principio de optimización, tras lo cual deberá reevaluar la concentración promedio anual de radón en el lugar de trabajo.

**3.** Cuando, a pesar de las medidas tomadas de acuerdo con el apartado 2, en alguna de las zonas del lugar de trabajo especificadas en el apartado 1 continúe habiendo concentraciones de radón que, en promedio anual, sean superiores al nivel de referencia de  $300 \text{ Bq/m}^3$ , el titular de la actividad laboral queda sujeto al cumplimiento del artículo 19 de este reglamento y demás artículos de aplicación.

**Artículo 76. Determinación del promedio anual de la concentración de radón.**

**1.** Las determinaciones de la concentración promedio anual de radón que requiere el artículo 75 serán acometidas por el titular de la actividad laboral, que podrá contar para ello con el asesoramiento de una Unidad Técnica de Protección Radiológica.

**2.** El promedio anual de la concentración de radón se estimará, a partir de medidas de larga duración, siguiendo las Guías e Instrucciones emitidas por el Consejo de Seguridad Nuclear. El laboratorio que realice la medida deberá estar acreditado de acuerdo con la Norma ISO/IEC 17025 por la Entidad Nacional de Acreditación (ENAC), o bien por otro organismo nacional de acreditación designado de acuerdo con la normativa europea. El

titular de la actividad laboral asumirá la responsabilidad de verificar que el laboratorio de medida cuente con una acreditación en vigor.

**3.** Los resultados de las determinaciones de radón se recogerán en un informe que deberá identificar a su autor o autores, indicando su cargo en la empresa o relación contractual, y en el que deberá constar la fecha de conclusión y la firma. Este informe estará a disposición del trabajador, de las autoridades sanitarias, de la Inspección de Trabajo y Seguridad Social, y del Consejo de Seguridad Nuclear.

Después, en los **artículos 77 y 78** se establecen las directrices para la redacción del **Plan Nacional contra el Radón**:

**Artículo 77.** Establecimiento del Plan Nacional contra el Radón.

**1.** El Gobierno establecerá la política y el programa nacional para reducir el riesgo para la salud de la población debido a la exposición al radón en recintos cerrados, mediante la aprobación del Plan Nacional contra el Radón. El Plan será propuesto por el Ministerio de Sanidad y se elaborará, implantará y aprobará en forma de programas quinquenales.

**2.** El Plan Nacional contra el Radón incluirá medidas para fomentar la identificación de viviendas, edificios de acceso público y lugares de trabajo donde el promedio anual de concentración de radón supere el nivel de referencia establecido en el artículo 72, así como para favorecer la reducción de la concentración de radón en los mismos por medios técnicos o de otro tipo. El Plan Nacional contra el Radón recogerá los aspectos que se enumeran en el Anexo VIII.

**3.** El Plan Nacional contra el Radón recogerá las estrategias establecidas y actividades a desarrollar por las diferentes administraciones públicas en relación con la reducción del riesgo para la salud de la población por exposición al radón. A este respecto, las Comunidades Autónomas y las Entidades Locales, en el ámbito de sus respectivas competencias y teniendo presente el Plan Nacional, podrán elaborar sus propios planes.

**Artículo 78.** Comité del Plan Nacional contra el Radón.

**1.** Se crea el Comité del Plan Nacional contra el Radón, adscrito al Ministerio de Sanidad, constituido por representantes de las autoridades con competencias en las materias objeto del Plan.

El **Anexo XVIII** de la Directiva europea se transpone íntegramente en este proyecto en el Anexo VIII: Lista de aspectos que deberán considerarse para la **preparación del plan de**

**acción nacional** destinado a hacer frente a los riesgos a largo plazo derivados de las exposiciones al radón.

Finalmente, y para cumplir con lo establecido en el apartado 2 del artículo 103 de la Directiva 2013/59/Euratom, se ha aprobado el Real Decreto 732/2019, de 20 de diciembre, por el que se modifica el Código Técnico de la Edificación, aprobado por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo.

En el **Preámbulo** del citado Real Decreto se establece que *“Como consecuencia de lo anterior y para la transposición parcial de esta Directiva, mediante este real decreto se introduce una nueva exigencia básica de salubridad HS 6, de protección frente al gas radón, por la cual se obliga a que, en los edificios situados en los términos municipales en los que se ha apreciado un nivel de riesgo no despreciable, se dispongan los medios adecuados para limitar el riesgo previsible de exposición inadecuada en su interior, a radón procedente del terreno”*. Por ello, en el **Anexo II** de se desarrolla en profundidad la **Sección HS 6: Protección frente a la exposición al radón** del Documento Básico de Salubridad, en la cual se establecen los requisitos que se deben cumplir en los edificios de nueva construcción y en determinadas intervenciones en edificio existentes, para limitar el riesgo previsible de exposición inadecuada a radón procedente del terreno en los recintos cerrados.

Este Real Decreto también transpone parcialmente el artículo 74 de la Directiva para los locales habitables ubicados en edificios nuevos o en aquellos edificios existentes en los que se realice una intervención que entre dentro del ámbito de aplicación de la nueva sección HS6, estableciendo un nivel de referencia para el promedio anual de concentración anual de radón en el interior de los mismos de 300 Bq/m<sup>3</sup>.

# 4

## **Objetivos de la acción frente al radón**



## Objetivo general

El objetivo principal de la acción frente al radón es **proteger la salud de la población y los trabajadores frente a los riesgos para la salud de la exposición al radón**. Dicho objetivo viene avalado por el artículo 103 de la Directiva 2013/59/Euratom, que tiene como máxima establecer las bases para reducir, a medio y largo plazo, los efectos sobre la salud debidos a las exposiciones a radón en ambientes interiores (viviendas, edificios de acceso público y lugares de trabajo).

## Objetivos estratégicos y específicos

- 1. Conocer la magnitud del problema e identificar y solventar las carencias o dificultades para la aplicación de controles o soluciones efectivas**
  - i. Evaluar la exposición de la población al radón (considerando las contribuciones del suelo, del agua y de los materiales de construcción), y estimar su incidencia sobre la salud de la población.
  - ii. Asegurar la fiabilidad y la calidad de las determinaciones de concentración de radón o dosis.
  
- 2. Reducir la concentración de radón en los edificios**
  - i. Desarrollo y actualización de normativa.
  - ii. Formación.
  - iii. Programas de intervención.
  - iv. Análisis de la afección en función de las tipologías arquitectónicas. Relacionado con la edificación existente.
  - v. Diseñar e impulsar instrumentos de apoyo a nivel autonómico y municipal.
  
- 3. Reducir las exposiciones ocupacionales al radón y garantizar la implantación del nivel de referencia y el cumplimiento del límite de dosis para trabajadores expuestos**
  - i. Desarrollar actuaciones inspectoras para fomentar, facilitar y asegurar el cumplimiento de la legislación y reglamentación aplicable a los lugares de trabajo.
  - ii. Evaluar la pertinencia de la vigilancia sanitaria específica a los trabajadores expuestos a radón.
  
- 4. Potenciar la concienciación del público, profesionales y administraciones**
  - i. Aumentar la concienciación pública sobre los efectos del radón en la salud, y en particular, en combinación con el tabaco.

**5. Coordinar y gestionar la acción frente al radón**

- i. Coordinar los Organismos, Instituciones y demás agentes participantes la acción frente al radón.
- ii. Fomentar el compromiso de las administraciones públicas y la integración del radón en los programas y planes afines.

**6. Evaluación de la acción frente al radón**

- i. Llevar a cabo el seguimiento de la acción frente al radón y, en caso necesario, hacer propuestas de revisión del mismo.

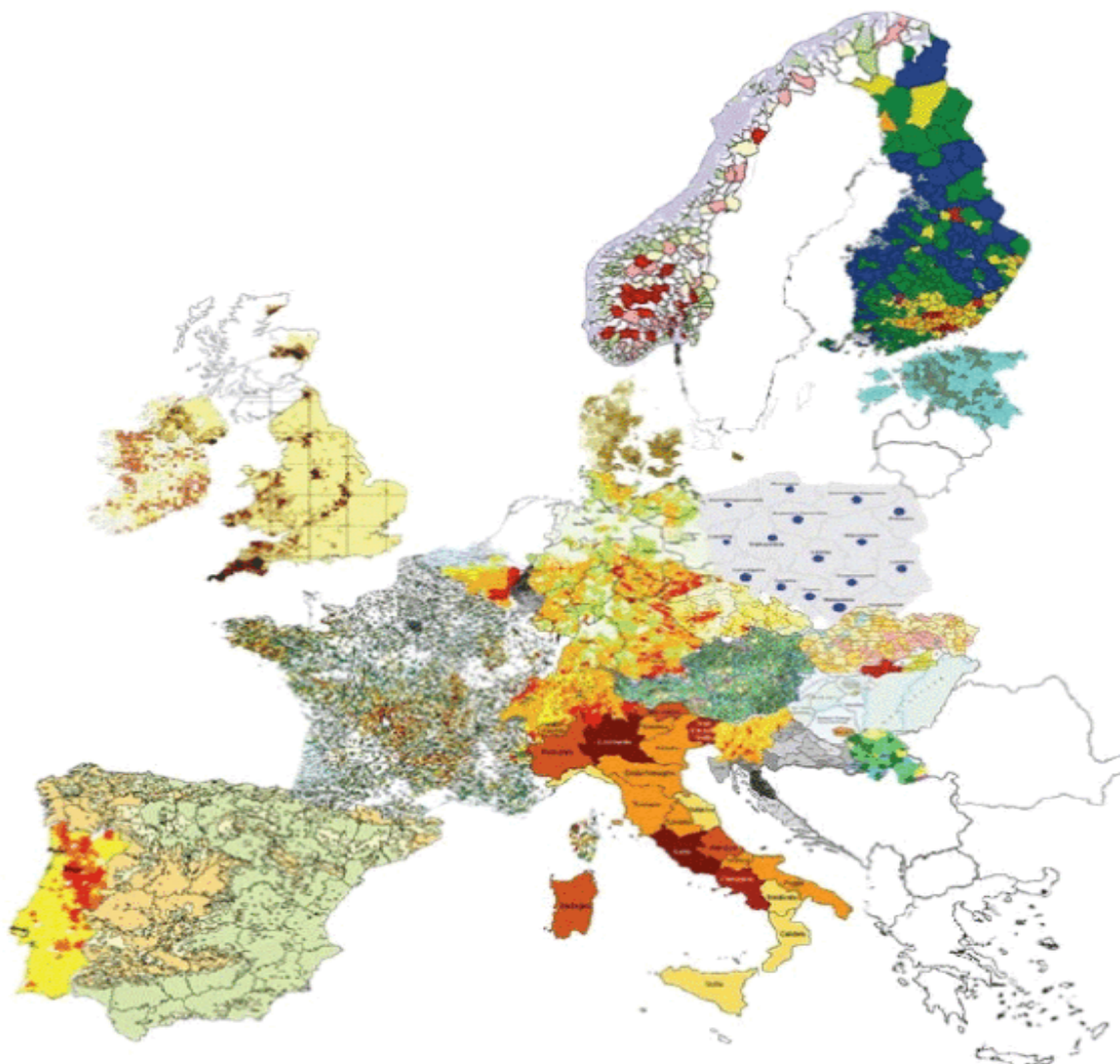
**5**

# **Diagnóstico de situación**

### Situación actual en el ámbito europeo e internacional

La exposición al radón en Europa no es homogénea, como tampoco lo son las medidas que actualmente llevan a cabo los diferentes países de la misma. Mientras algunos países no disponen de un plan de acción, otros cuentan con planes nacionales de radón consolidados, con una experiencia de más de 20 años.

#### Ilustración 3. Mapa europeo del radón.



Fuente: AN OVERVIEW of radon surveys in Europe, European Comission, 2005

En Europa la mayoría de países cuentan con organismos o instituciones relacionadas con el radón, entre ellas se puede destacar, el Instituto de Protección Radiológica de Irlanda o el Instituto Radiológico de Seguridad Nuclear en Francia. Así mismo, también hay otras

entidades, como la Asociación Europea del Radón, (ERA, European Radón Asociation), que ha instaurado el *Día europeo del radón* cada 7 de Noviembre.

En cuanto a los planes nacionales, existen ejemplos en los países del entorno como Italia y su Piano Nazionale Radon (2002), el cual trata cómo localizar los edificios con alta concentración de radón, las fuentes de radón y otros factores que afectan los niveles de concentración de radón en edificios, cómo medir la concentración de radón en el aire y cómo reducir y evitar altas concentraciones de radón en los edificios. Además aporta información, formación, cualificación y normativa (43). Este Plan también incluye estudios y acciones semejantes en su eje de “Edificación”, adaptándolas a la situación del país.

Otro ejemplo lo constituye Francia, cuyo Plan Nacional ha permitido el seguimiento de la regulación en la construcción y aplicación de normativa en los lugares de trabajo, el suministro de herramientas para mediciones de radón y formación de profesionales. Francia ha contado con un segundo Plan Nacional de acción (2011-2015) que ha tenido como principal objetivo la reducción de exposición en las viviendas. Seguidamente, han continuado con la elaboración de un tercer Plan Nacional de acción (2016-2019) en el cual se destaca la necesidad de: poner en marcha una estrategia global de información y sensibilización y desarrollar herramientas para la recogida de la información y su comunicación, continuar mejorando la reducción de la exposición y su impacto sanitario y por último gestionar el riesgo de radón en edificios (46, 47).

Existen también otros países con un dilatado recorrido en la materia, como son los casos de Irlanda o la Republica Checa, donde en los años 80 se comenzó a realizar un mapeo. Cuentan con legislación referente al radón desde 1989 y actualmente se encuentran en una segunda fase de su programa de radón. En primer periodo de su plan, se ha realizado la búsqueda de edificios existentes con altas concentraciones, el desarrollo de medidas preventivas en hogares de nueva construcción y medidas a adoptar en los ya existentes. La investigación, las políticas de concienciación pública y el apoyo financiero, son otras de las medidas puestas en práctica en esta primera fase. El segundo periodo, en el cual se encuentran actualmente, los esfuerzos están orientados en la reducción del número de muertes por cáncer de pulmón como resultado del aumento de la exposición al radón y continuar con las labores de concienciación tanto del público en general como de los profesionales del sector de la construcción. Destacan lo imprescindible de la colaboración y el enfoque multi-departamental (40). Como se puede observar, los documentos más antiguos se centran en medidas del ámbito de la edificación, mientras que, una vez desarrollado ese eje, se hace especial hincapié en el estudio y conocimiento del tema y su eficaz difusión.

Otra iniciativa de relevancia llevada a cabo en Europa fue el taller de «*Radon national action plan workshop*», desarrollado de desarrollada en París en Septiembre de 2014. Este taller

abordó diversos temas relacionados con la elaboración de planes de acción de radón debido a los riesgos para la salud derivados de éste. En el taller, se tuvieron en cuenta los siguientes objetivos: reducir el riesgo de cáncer de pulmón atribuible a la exposición a radón entre fumadores y no fumadores; mapeo para aumentar el conocimiento de radón en cada país; mediciones de radón en algunas áreas de trabajo; elaborar mapas y definir las áreas propensas a altas concentraciones de radón; y organizar una base de datos del radón (23). Estos objetivos también son recogidos en los diferentes ejes en los que se vertebra este documento, como se verá más adelante. Se pueden encontrar los dos primeros objetivos en el eje de “Conocimiento e infraestructura básica”, el tercero en el de “Lugares de Trabajo”, el cuarto en el de “Zonas de actuación prioritaria” y el último en el eje “Comunicación y concienciación”.

Fuera del ámbito Europeo cabría destacar Estados Unidos y su “Protecting People and Families from Radon” (2011), que marca como objetivo el disponer de un sistema de mitigación del radón en aquellos hogares donde el nivel es elevado (30%) y además, llegar al 100% de nuevas viviendas unifamiliares construidas con características de reducción de radón en dichas zonas (48). También en Estados Unidos, la USEPA ha marcado importantes hitos en la historia del radón con el establecimiento en 1987 del nivel de concentración de radón en  $148 \text{ Bq/m}^3$  señalando dicha concentración el punto a partir del cual deberían tomarse medidas de reducción en los domicilios. Desde entonces, se han seguido realizando estudios e informando a la población de los riesgos del radón residencial en los domicilios (62).

También es de mención la OMS y la publicación del *Handbook on Indoor Radon* en 2009, siendo un manual de referencia sobre el radón residencial y su efecto sobre la salud. Este manual aconseja reducir el nivel recomendado de exposición al radón residencial a  $100 \text{ Bq/m}^3$  (42).

### **Situación actual en España**

En España se han llevado a cabo diversos estudios para tratar de cuantificar las concentraciones de radón, su distribución y predecir el impacto en el aire interior de edificios. Cabe destacar el proyecto MARNA, proyecto de I+D que evalúa los niveles de radiación gamma natural en España y satisface las directrices del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) y de la Unión Europea. Está desarrollado según un acuerdo de colaboración del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) y la empresa pública ENUSA, y en el que colaboraron la Universidad de Extremadura, la Universidad Politécnica de Extremadura, la Universidad de Salamanca, la Xunta de Galicia, la Universidad de Vigo y el Instituto Tecnológico y Geominero de España para las primeras fases del proyecto y contó con más

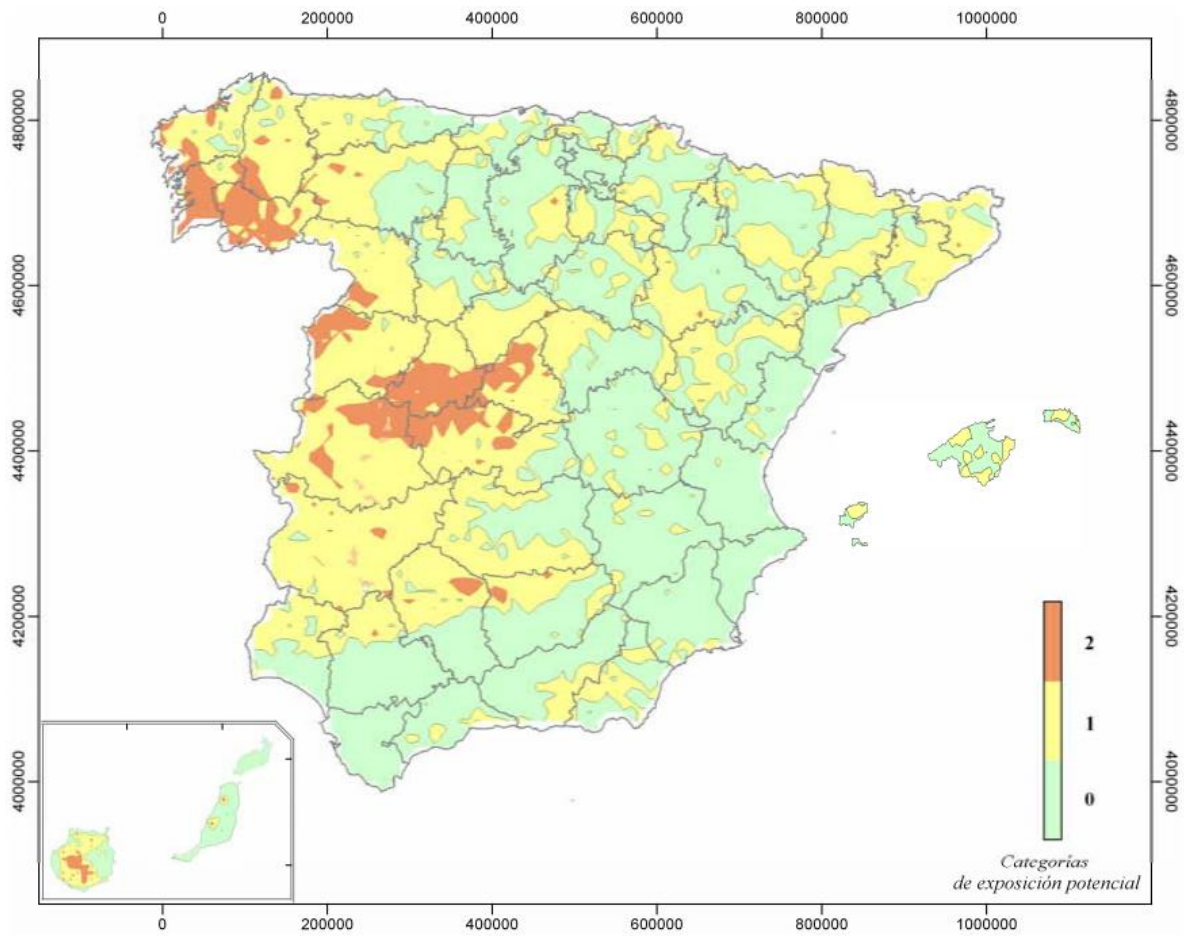
colaboradores para las últimas fases como la Universidad de Cantabria y la Universidad Politécnica de Cataluña entre otras (58).

El objetivo de este proyecto era disponer de mapas de radiación natural, para conocer los niveles a los que la población está expuesta y poder evaluar los posibles incrementos respecto al fondo. Los resultados son de gran utilidad para la elaboración de estudios epidemiológicos, para la evaluación y control de los incrementos de la radiación de fondo, la optimización de la selección del emplazamiento de equipos de medida de la radiación, para estimar las tasas de dosis absorbida y dosis equivalente que recibe la población y para estimar el potencial de la emisión de radón por un terreno en función de la información geológica y meteorológica complementaria que se posea (58). Esta mapificación y zonificación del país en base a los datos radiológicos sobre el radón es tan relevante que conviene mantenerla actualizada, hecho que persiguen las acciones recogidas en el eje de “Conocimiento e infraestructura” de este documento.

Apoyándose en los datos obtenidos tras el proyecto MARNA, el CSN desarrolló un *mapa predictivo de exposición al radón* que, a partir de la tasa de dosis de radiación gamma ambiental, indica las diferentes probabilidades de que los niveles de radón en viviendas superen determinados valores. El mapa se elaboró promediando en cuadrículas de 7x5 kilómetros los valores del estudio MARNA. En este mapa se divide el territorio en tres categorías de exposición potencial: 0-baja, 1-media, y 2-alta (21). Gracias a ello, se pueden establecer unas zonas de actuación prioritaria hacia las que es necesario dirigir unas medidas claras y fácilmente aplicables para que reduzcan el riesgo de su población, ya que son las más expuestas.

Además, desde finales de los años ochenta, el Consejo de Seguridad Nuclear, ha financiado diversas campañas de medida de radón en viviendas. A partir de estas medidas y de una metodología que incorpora información geológica y de tasa de dosis ambiental, el CSN ha desarrollado el mapa de potencial de radón de España. Con este mapa se identifican, con un criterio homogéneo en todo el territorio nacional, las zonas en las que un porcentaje significativo de los edificios residenciales presenta concentraciones superiores a  $300 \text{ Bq/m}^3$ , uno de los requerimientos establecidos en la Directiva 2013/59/Euratom (14).

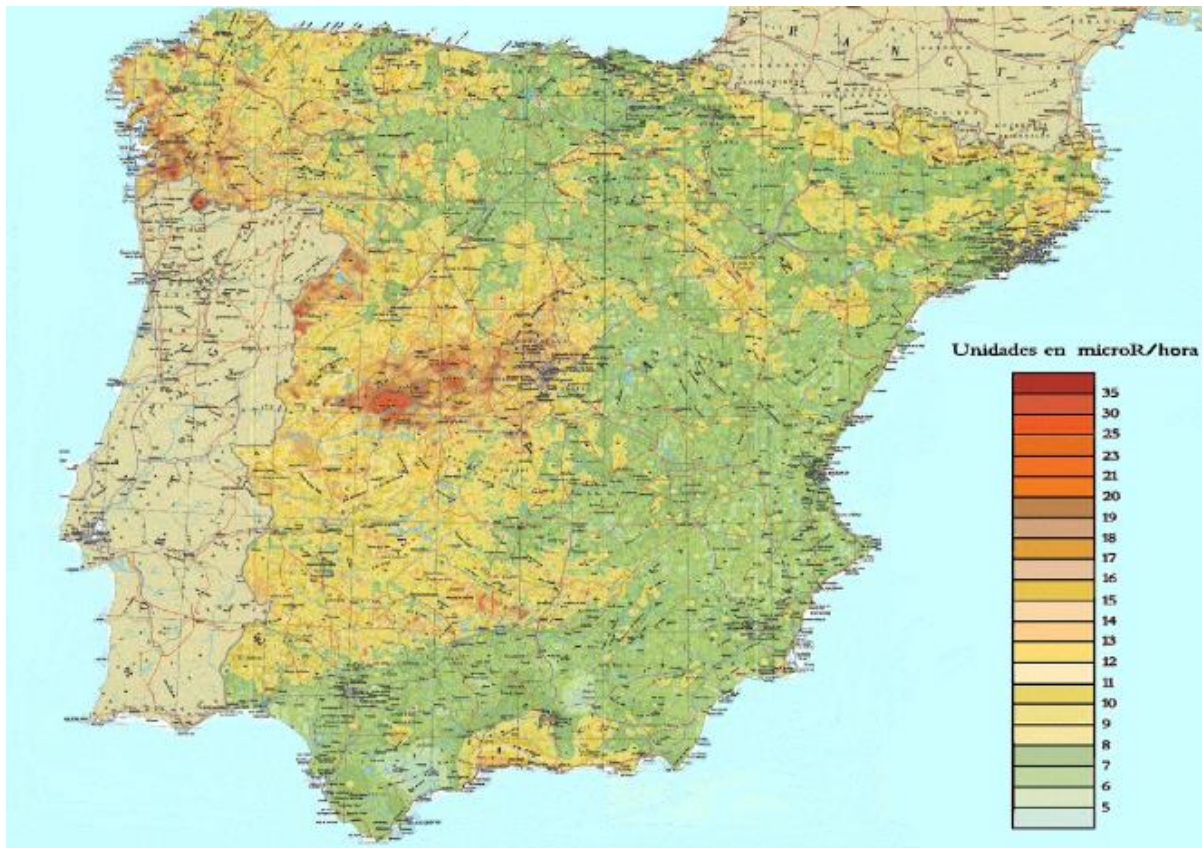
**Ilustración 4. Mapa predictivo de exposición al radón de división del territorio en tres categorías de exposición potencial: baja (0), media (1) y alta (2).**



Fuente: CSN, Colección Informes Técnicos. El mapa predictivo de exposición al radón en España 38.2013.



### Ilustración 5. Niveles de tasa de exposición a la radiación gamma natural en la España peninsular



Fuente: CSN, Monografías: Mapas de radiación natural.

### Normas e instrucciones técnicas vigentes en España

Hasta la fecha, en España se ha emitido normativa de carácter obligatorio para los lugares de trabajo y recomendatorio para las viviendas, y se han propuesto metodologías que garantizan la calidad de las mediciones de radón y de los estudios requeridos por el título VII del Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes (RPSRI) (52).

La primera vez que se incluyó en la legislación española la protección contra las exposiciones a la radiación natural no vinculadas con el ciclo del combustible nuclear fue mediante el Real Decreto 783/2001, de 6 de julio, por el que se aprueba el RPSRI, modificado años después por el Real Decreto 1439/2010, de 5 de noviembre, por el que se modifica el Reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes, aprobado por Real Decreto 783/2001, de 6 de julio. En concreto, el título VII del Real Decreto 783/2001 trata la

exposición de los trabajadores a las fuentes naturales de radiación, destacando específicamente las exposiciones al radón (Rn-222) y a sus productos de desintegración.

Las disposiciones del RPSRI se complementan con la Instrucción 33 (IS-33) del CSN, que recoge un nivel de referencia de  $600 \text{ Bq/m}^3$  de concentración media anual de radón en aire para lugares de trabajo, así como una relación de las prácticas y actividades laborales que deben llevar a cabo, de manera obligatoria, estudios radiológicos sobre las exposiciones al radón a las que dan lugar (31). Estas prácticas laborales son, en concreto, las que se desarrollan en lugares de trabajo subterráneos (incluidos aparcamientos públicos, metro, minas en explotación, minas-museo y cuevas turísticas, etc.), lugares de trabajo en los que se exploten o traten aguas de origen subterráneo (como las plantas potabilizadoras de aguas de este origen o los establecimientos termales) y todos los lugares de trabajo situados en zonas identificadas. Aquellas que por sus características geológicas puedan generar cantidades elevadas de radón o favorecer su transporte al interior de lugares cerrados; por ejemplo, las zonas graníticas, volcánicas o de fallas activas (21, 22).

El nivel de referencia para puestos de trabajo se interpreta, además, como un nivel de entrada al sistema de protección radiológica ocupacional. Para aquellos lugares de trabajo en los que se demuestre que no es razonablemente posible reducir las concentraciones de radón por debajo del nivel de referencia, las exposiciones al radón se tratarán como exposiciones laborales y, por tanto, se les aplicarán los límites de dosis del RPSRI.

Al amparo de esta instrucción y del RPSRI se desarrolla la Guía de Seguridad 11.2 de Control de la exposición a fuentes naturales de radiación. En ella se recomienda un nivel de referencia nacional de  $300 \text{ Bq/m}^3$  de concentración media anual de radón, y un nivel objetivo de diseño para edificios de nueva planta o para viviendas en las que vayan a acometerse acciones de mitigación de  $100 \text{ Bq/m}^3$ . A los edificios de uso público de larga estancia (como hospitales, residencias, etc.) les aplica el mismo nivel de referencia que a las viviendas, al igual que a los centros de educación infantil, primaria y secundaria (26, 31).

### **Concienciación y sensibilización ciudadana**

La información y concienciación sobre el problema del radón es otro de los aspectos que recoge la Directiva 2013/59/Euratom. El CSN, asociaciones, universidades y también el CSIC ofrecen información específica sobre el radón y están ejerciendo una importante labor de divulgación técnica. No obstante, aunque ha aumentado el interés mediático sobre este tema, no se tiene constancia de que en España se haya realizado ningún estudio para medir el grado de concienciación o sensibilidad que tiene la población respecto a la problemática del radón, por lo que actualmente se desconoce en qué medida percibe la ciudadanía este factor.

## Mapa de radón en España

### Identificar las zonas más expuestas al radón en España

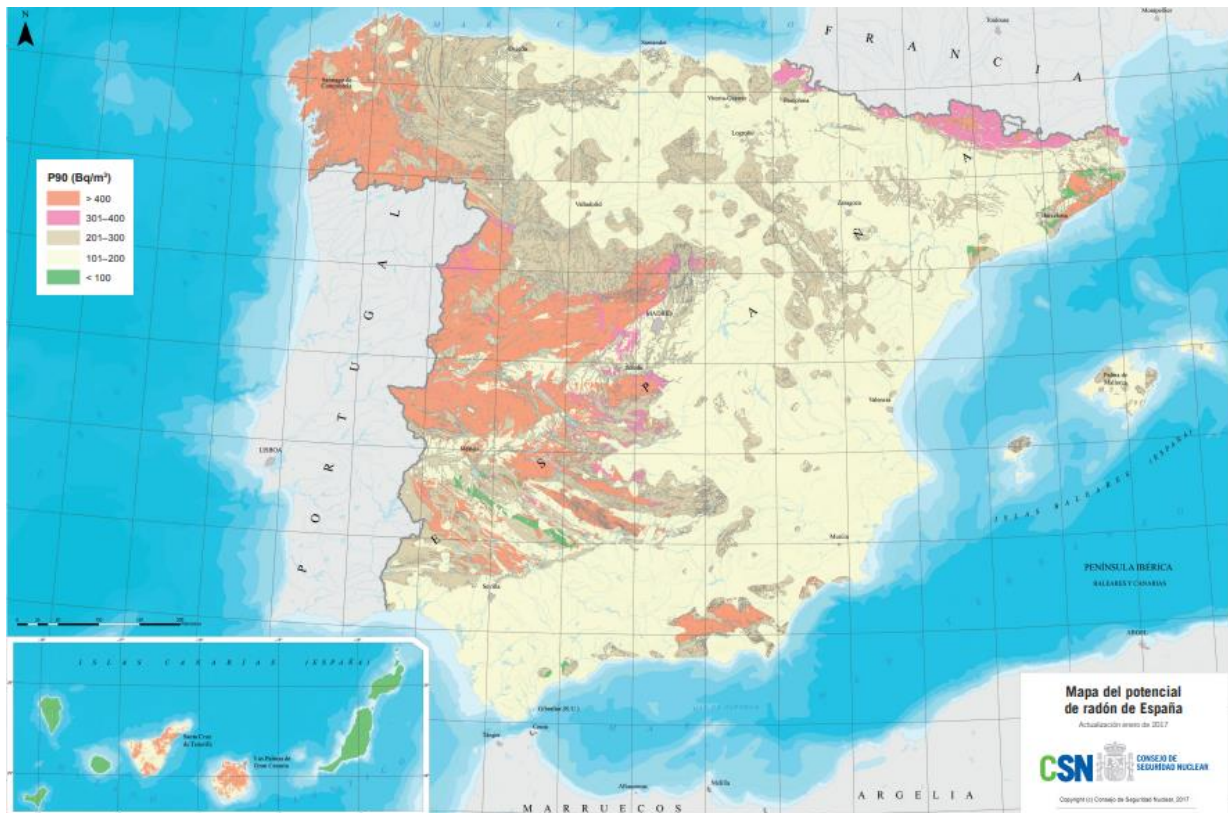
Las concentraciones de radón en un edificio, varían según la situación geográfica, pero además debido al gran número de factores implicados es muy difícil predecir si los niveles de radón serán elevados en una vivienda en concreto. No obstante, si es posible hacer predicciones sobre las zonas en las que hay mayor probabilidad de encontrar viviendas con concentraciones altas de radón.

El método más directo y fiable para identificar esas zonas sería la elaboración de mapas a partir de mediciones de la concentración de radón en el aire interior de las viviendas. Sin embargo, para establecer mapas a partir de mediciones interiores, el método requeriría una densidad considerable de medidas en todo el territorio, para así conseguir una cuadrícula suficientemente fina y un número de datos en cada casilla suficiente para que el error muestral no supere un valor prefijado (21).

Por esta razón se han desarrollado métodos indirectos que utilizan otras magnitudes correlacionadas con la concentración de radón en las viviendas. En general, el terreno es la principal fuente de radón en un edificio, la concentración de radón en la fase gaseosa del suelo es buen indicador. Esta variable depende a su vez de los contenidos en Ra-226 del suelo, de la roca subyacente, del grado de fracturación de la formación rocosa y de la permeabilidad del suelo. Además de factores ambientales, como la presión barométrica o la humedad que, por su variabilidad, no suelen incluirse como indicadores (21, 22).

El Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) ha elaborado el mapa del potencial de radón en España, basado en la categorización de las zonas en función de sus niveles de radón, identificando las zonas donde existe un porcentaje significativo de los edificios residenciales con concentraciones superiores a  $300 \text{ Bq/m}^3$  (Ilustración 6). En general, todos los edificios contienen radón en concentraciones habitualmente bajas. No obstante, existen zonas geográficas en las que, debido a su geología, es más probable encontrar edificios con niveles elevados (14).

## Ilustración 6. Mapa del potencial del radón



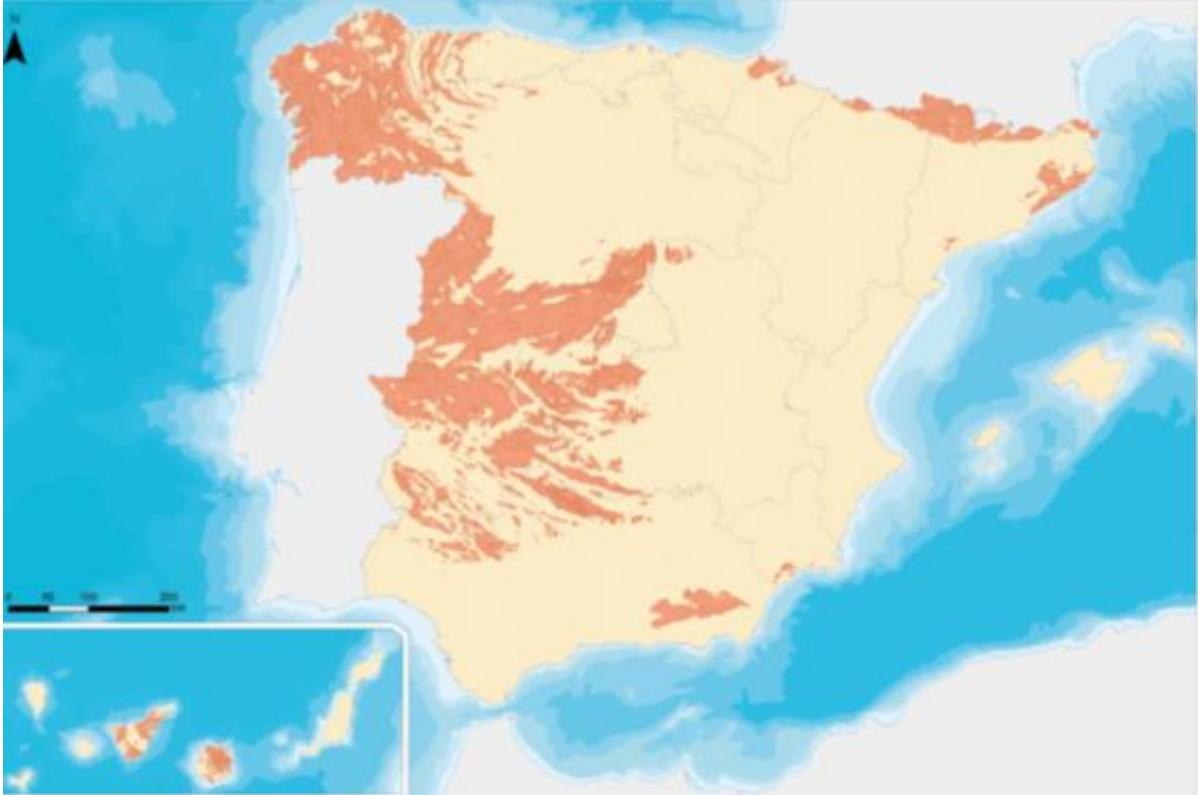
Fuente: CSN, Cartografía del potencial de radón en España, 2017.

Para producir el mapa de potencial de radón, se han utilizado más de 12.000 medidas de radón en viviendas, agrupadas por unidad litoestratigráfica (escala 1:200.000 del Instituto Geológico y Minero de España (IGME)) y rango de exposición a la radiación gamma, obtenido a partir del mapa MARNA de radiación gamma natural. Las áreas establecidas según esos criterios primarios de agrupación se dividieron o combinaron para obtener unidades con niveles de radón espacialmente homogéneos y con un tamaño muestral adecuado (14, 58).

Para estas unidades se estimó el percentil 90 de la distribución de concentraciones de radón como un nivel superior al 90% de confianza. Los valores así obtenidos se representan agrupados por rangos en el mapa de potencial de radón (Ilustración 6).

Las zonas del mapa con potencial superior a  $300 \text{ Bq/m}^3$  (el nivel de referencia que establece la Directiva 2013/59/Euratom) se consideran **zonas de actuación prioritaria**, representadas en la Ilustración 7. Estas representan el 17% del territorio nacional. Por Comunidad Autónoma, los porcentajes de superficie afectada son: Andalucía, 8%; Aragón 2%; Asturias, 12%; Canarias, 19%; Castilla y León, 19%; Castilla-La Mancha, 10%; Cataluña, 16%; Ceuta, 11%; Extremadura; 47% Galicia, 70%; Madrid; 36%; Murcia, 1%; Navarra, 6%; País Vasco 2% (14).



**Ilustración 7. Mapa zonas de actuación prioritaria**

Fuente: CSN, *Cartografía del potencial de radón en España, 2017*.

El CSN, a su vez, ha elaborado otro mapa en el cual se pueden observar los municipios en los cuales la población reside en zonas de actuación prioritaria, ya que a efectos administrativos es útil definir las zonas de actuación prioritaria a nivel municipal. En el mapa de zonificación por municipio de radón (Ilustración 8), representa en color naranja los municipios donde población reside en zonas de actuación prioritaria y específicamente en granate aquellos municipios en los que esta población representa más del 75% de la total del municipio (14).

**Ilustración 8. Mapa de zonificación por municipio de radón**

Fuente: CSN, *Cartografía del potencial de radón en España*, 2017.

**Garantizar la fiabilidad de las mediciones**

Una pieza fundamental de la acción frente al radón es garantizar la fiabilidad de las mediciones que, tanto en el ámbito de cumplimiento obligatorio como en el voluntario, se hagan en las viviendas y lugares de trabajo.

Para ello, el CSN publicó ya en 2010 la Guía de Seguridad 11.1, en la que se establecen los requisitos fundamentales que deben cumplir los laboratorios y servicios de medida de radón en el aire. Estos incluyen requisitos generales relativos a la gestión, basados en la norma ISO/IEC 17025, y requisitos técnicos específicos a la medida de radón (25).

La Guía 11.1 se completó con otra específica sobre la metodología a seguir en los estudios de exposición al radón en los lugares de trabajo: la Guía 11.4 (27).

---

**6**

# **Ejes de acción frente al radón**

## 1. Conocimiento e infraestructura básica

El objetivo estratégico de este eje se trata de conocer la magnitud del problema e identificar y solventar las carencias o dificultades para la aplicación de controles o soluciones efectivas. Para lograr este objetivo se han establecido dos objetivos específicos: 1) evaluar la exposición de la población al radón (considerando las contribuciones del suelo, del agua y de los materiales de construcción), y estimar su incidencia en la salud de la población y 2) asegurar la fiabilidad y la calidad de las determinaciones de concentración de radón o dosis. Las acciones propuestas para alcanzar el primer objetivo son:

- Desarrollo de campañas de mediciones, en colaboración con Comunidades Autónomas y ayuntamientos.
- Desarrollo de mapas de potencial de radón a escala regional o local y producir el mapa nacional de exposición poblacional.
- Estudio de las contribuciones a las dosis por radón del agua y los materiales de construcción.
- Estimación del número de cánceres atribuibles al radón en la situación actual y hacer proyecciones sujetas al cumplimiento de los objetivos previstos en la acción frente al radón.

Mientras tanto, el segundo de los objetivos específicos anteriormente mencionados se basa en la realización de dos acciones determinadas:

- Identificación de la capacidad técnica meteorológica y dosimétrica en términos de la oferta existente y la demanda prevista.
- Fomento del desarrollo de una infraestructura metrológica acorde con las necesidades de la acción frente al radón y los requerimientos reglamentarios, y que garantice la homogeneidad y la trazabilidad de las mediciones. Apoyar la organización de intercomparaciones.

## 2. Edificación

Dentro de este eje se enmarca el objetivo estratégico de reducir la concentración de radón en los edificios. Como en el caso anterior, se establecen los siguientes objetivos específicos con sus acciones asociadas para alcanzarlos.

En primer lugar, el objetivo específico de desarrollar y actualizar la normativa requiere analizar las necesidades de una nueva regulación, no contempladas o no disponibles, y el desarrollo de las mismas.



El segundo objetivo específico se centra en la formación y se pretende conseguir mediante el desarrollo de actuaciones específicas encaminadas a la formación de los agentes intervinientes en el ámbito de la construcción.

El tercero de ellos se trata de programas de intervención, para lo que es necesaria una estimación de costes.

El cuarto de estos objetivos consiste en el análisis de la afección en función de las tipologías arquitectónicas relacionado con la edificación existente. Las acciones que se proponen para alcanzarlo son: 1) identificar y evaluar la aplicabilidad y determinar la efectividad en España de las distintas soluciones constructivas frente al radón en la edificación utilizadas en el ámbito internacional y 2) evaluar la posible integración de datos de radón en las plataformas de información urbanística.

Por último, se encuentra el objetivo específico de identificar e impulsar instrumentos de apoyo a nivel autonómico y municipal. Las siguientes acciones son las identificadas como necesarias para lograr este objetivo: 1) facilitar asistencia técnica en el ámbito de la construcción, 2) desarrollar sectorialmente instrumentos financieros para particulares y PYMES (habilitar subvenciones, deducciones fiscales, etc.) e 3) integrar la prevención contra el radón en los planes urbanísticos.

### **3. Lugares de trabajo**

En el eje correspondiente a los lugares de trabajo se traza un objetivo estratégico que persigue garantizar la implantación del nivel de referencia y el cumplimiento del límite de dosis para trabajadores expuestos, para reducir las exposiciones laborales al radón y el impacto en su salud. Con el fin de cumplir este objetivo, se desarrolla el objetivo específico de monitorizar y fomentar el cumplimiento de la legislación y reglamentación aplicable a los lugares de trabajo. Las acciones planteadas dentro del marco de este objetivo son:

- Establecer un acuerdo de coordinación entre la inspección de Trabajo y Seguridad Social y la inspección del CSN.
- Desarrollar campañas específicas en empresas, sectores y colectivos prioritarios.
- Garantizar y fomentar la competencia de las entidades que intervienen en la medida de radón y la evaluación del radón en los lugares de trabajo (laboratorios de medida de radón, UTPRs, servicios de dosimetría personal de radón).
- Proporcionar formación específica sobre radón a los servicios de prevención y fomentar la integración de la protección contra el gas en los planes de prevención de riesgos laborales de las empresas.

- Evaluar la pertinencia de vigilancia sanitaria específica para los trabajadores que hayan estado expuestos durante periodos prolongados a dosis anuales superiores a 20 mSv/año.

#### **4. Zonas de actuación prioritaria**

Este apartado consiste en un eje transversal en el que se recogen acciones de diversos ámbitos para enfocarlos de manera eficaz a las zonas más afectadas por los niveles de radón. Su objetivo estratégico se basa en dotar las autoridades locales de medidas de acción para reducir la exposición al radón. Uno de los objetivos específicos para lograr el anterior se trata de desarrollar una metodología fácilmente aplicable en las zonas más afectadas, el cual cuenta con acciones como: el desarrollo de un conjunto de herramientas para aplicarse en zonas de acción prioritaria, una guía para la rehabilitación de edificios frente al radón y una guía de buenas prácticas en el ámbito del agua. Otro objetivo específico presente en este eje es la incorporación del trabajo realizado por las Comunidades Autónomas en materia de protección frente al radón.

#### **5. Comunicación y concienciación**

En este eje se persigue conseguir el principal objetivo estratégico de potenciar la concienciación del público, profesionales y administraciones. El objetivo específico que se determina para lograr el anterior se trata de aumentar la concienciación pública sobre los efectos del radón en la salud y, en particular, en combinación con el tabaco. Las acciones propuestas para llevar a cabo este trabajo son:

- Elaborar folletos y vídeos informativos.
- Desarrollar sistemas de comunicación (página web, redes sociales).
- Organizar jornadas divulgativas.
- Desarrollar actuaciones de información y concienciación enfocadas al usuario, en edificación existente.

#### **6. Coordinación, gestión y evaluación de la acción frente al radón (eje transversal)**

En este último eje se plantean dos objetivos estratégicos que pretenden coordinar y gestionar la acción frente al radón y realizar una evaluación de la misma.

##### ***Coordinación y gestión del Plan***

En el caso de la coordinación y gestión se establecen dos objetivos específicos que son: 1) coordinar los Organismos e Instituciones participantes en la acción frente al radón y 2) fomentar el compromiso de las administraciones públicas y la integración del radón en los

programas y planes afines. El primero de éstos se pretende lograr con la organización y preparación de las reuniones del Comité y el mantenimiento de reuniones bilaterales, si fuera necesario. En el caso del segundo objetivo, la acción propuesta consiste en facilitar con ayudas la integración de los distintos niveles de la administración pública en el desarrollo de programas relacionados con el radón.

Para esta correcta gobernanza, el proyecto de Reglamento sobre protección de la salud contra los riesgos derivados de la exposición a las radiaciones ionizantes, establece en su artículo 78 la formación del Comité del Plan Nacional contra el Radón. Este organismo adscrito al Ministerio de Sanidad estará constituido por representantes de las autoridades con competencias en las materias objeto del Plan de la siguiente manera:

- Presidencia: un representante del Ministerio de Sanidad.
- Vicepresidencia: asignada de forma rotatoria por un año entre representantes del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, del Consejo de Seguridad Nuclear, del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, y del Ministerio de Trabajo y Economía Social.
- Secretaría: el vocal del Ministerio de Sanidad.
- Vocalías: un representante del Ministerio de Sanidad; dos representantes del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico; dos representantes del Consejo de Seguridad Nuclear; dos representantes del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana; dos representantes del Ministerio de Trabajo y Economía Social; un representante de cada Comunidad Autónoma y de las Ciudades con Estatuto de Autonomía; tres representantes de las Entidades Locales, designados por la asociación de ámbito estatal con mayor implantación, con carácter permanente.

El Comité tiene las funciones de: 1) elaborar el Plan Nacional contra el Radón en forma de planes quinquenales, y presentarlo al Ministerio de Sanidad para su aprobación por parte del Gobierno; 2) impulsar, evaluar y supervisar el cumplimiento de las pautas de actuación recogidas en el Plan y 3) actuar como órgano de relación entre los departamentos ministeriales y organismos adscritos y las administraciones regionales y locales, a fin de asegurar la coordinación de los criterios y políticas definidas por ellos.

Dicho organismo también presenta las funciones de coordinación al poder constituir un grupo de trabajo formado con la participación de los expertos y representantes de los ministerios miembros de dicho Comité y del Consejo de Seguridad Nuclear, si fuera necesario discutir y elaborar propuestas que deban someterse al citado Comité. Finalmente, el Comité se reunirá con una periodicidad mínima de dos años o siempre que lo exija el cumplimiento de sus funciones.

### ***Evaluación de la acción frente al radón***

Por otra parte, la evaluación de la acción frente al radón se aspira a conseguir mediante el objetivo específico de llevar a cabo el seguimiento de dicha acción y, en caso necesario, hacer propuestas de revisión de los objetivos específicos. Para ello, se pretenden desarrollar las siguientes acciones: 1) elaborar informes periódicos anuales de seguimiento y 2) evaluar con carácter quinquenal la acción frente al radón, incluyendo propuestas de revisión de los objetivos estratégicos.

La evaluación de la acción frente al radón ha de ser vista desde una triple perspectiva. Por un lado, hemos de evaluar, transcurrido el plazo previsto para ello, si las acciones previstas se han cumplido. Esto implica el diseño de indicadores que midan el grado de ejecución de las medidas previstas. En un contexto de orientación hacia los procesos o actividades que desarrollan la acción frente al radón, estaríamos hablando de indicadores de proceso: se pretende medir el grado de cumplimiento de las actividades, y en última instancia estarían respondiendo a la pregunta: ¿se están cumpliendo las acciones propuestas en las acciones frente al radón?

Debido a que los indicadores de proceso permiten medir el nivel de ejecución del proceso, el cómo se han hecho las cosas y cuál es su rendimiento, podríamos referirnos también a indicadores de eficiencia, teniendo en cuenta que eficiencia se determina según la capacidad para llevar a cabo una tarea.

Por otro lado, y dado que la finalidad expuesta en los objetivos de la acción frente al radón es la reducción de la carga de mortalidad atribuible al radón, tanto en la población general como en la población trabajadora, necesitamos conocer si estas medidas que estamos llevando a cabo están teniendo repercusión en dicho objetivo. Para evaluar esto necesitamos unos indicadores de resultado.

Dichos indicadores nos permiten evaluar la efectividad de las acciones y en qué grado la actividad produjo el efecto deseado. Los indicadores de resultados son indicadores de eficacia, ya que responden a la cuestión ¿las acciones que estamos llevando a cabo, sirven para conseguir nuestros objetivos? También podríamos referirnos a este tipo de indicadores como indicadores de impacto, ya que se pretende medir el efecto de un programa o de un servicio en el estado de salud de la población. En definitiva, en el contexto de la acción frente al radón se utilizan para valorar si las medidas propuestas para solucionar el problema son realmente útiles y sirven para ello.

Por último se plantea una tercera evaluación de estructura, es decir, si la estructura en el sentido de recursos materiales, humanos y económicos a disposición de la acción frente al

radón en su conjunto es pertinente y suficiente para la consecución de los objetivos y finalidad planteados.

En este contexto, la evaluación de la acción frente al radón comprenderá dichos aspectos (evaluación de proceso, de resultados y de estructura) y se realizará desde dos enfoques complementarios:

### **Informe anual de cumplimiento**

En este informe se realizará, de manera anual durante el periodo de vigencia, una valoración del avance de las actividades establecidas en este documento. En cada ficha de las actividades, se incluyen diversos indicadores de ejecución que nos permitirán medir el progreso de cada medida. En caso de que la actividad no se concluya antes de la publicación de este informe, se podrá expresar el grado de cumplimiento o de avance, en porcentajes, de la misma. A su vez, este informe podrá contener adicionalmente los diferentes indicadores de resultado que puedan ser obtenidos en periodos de tiempo más cortos y aporten información significativa al estado de la acción frente al radón.

### **Memoria quinquenal de la acción frente al Radón**

Al finalizar el periodo de vigencia de la acción frente al radón, de cinco años, se realizará una evaluación completa de las diferentes partes del mismo. En este caso, se incluirán tanto los indicadores de proceso, que se recogerán en los informes anuales, como los indicadores de resultado y el análisis de la estructura. De esta manera, se podrá observar el grado de cumplimiento final de las actividades que se habrán ido realizando y la eficacia que han tenido en los objetivos de la acción frente al radón. Como sucedía con los indicadores de proceso, la ficha de cada actividad cuenta con un indicador de resultado que aportará información no sólo sobre la capacidad de los organismos responsables de llevar a cabo esa actividad, sino del impacto que realmente ha tenido sobre la sociedad y la salud pública.

En este caso, cabe destacar la incorporación de datos sanitarios que pueden ser utilizados como indicadores de resultado de la acción frente al radón en su conjunto. Conviene recordar que el objetivo general es **proteger la salud de la población y los trabajadores frente a los riesgos para la salud de la exposición al radón**. Por ello, esta memoria final podrá medir la eficacia del desarrollo de la acción frente al radón conociendo el riesgo atribuible antes y después del periodo de vigencia y en los años posteriores, teniendo en cuenta que dadas las características del problema los resultados serán visibles solamente a largo plazo. Además, se pueden utilizar otros datos estadísticos que aporten una mayor amplitud a la visión de este indicador, como pueden ser las tasas de morbilidad y mortalidad por cáncer de pulmón por zonas geográficas, así como información relativa al nivel de exposición de la población al radón.

**7**

# **Actuaciones**

<b>EJE</b>	<b>ACTUACIÓN</b>	<b>Nº</b>
<b>A. Conocimiento e infraestructura básica</b>	Carga de cáncer de pulmón atribuible a la exposición a radón en España	<b>1</b>
	Desarrollar y actualizar el mapa de potencial de radón y elaborar mapas de radón a escala regional o local	<b>2</b>
	Organizar de manera periódica intercomparaciones de medida de la concentración de radón en el aire (para sistemas de medida integradores y monitores en continuo)	<b>3</b>
	Validar y mejorar las estrategias de muestreo temporal	<b>4</b>
	Estudiar las contribuciones a las dosis por radón del agua y de los materiales de construcción	<b>5</b>
<b>B. EDIFICACIÓN</b>	Normativa: Desarrollo de nueva sección HS 6 en el Documento Básico DB HS de Salubridad del CTE	<b>6</b>
	Desarrollo PLAN ESTATAL DE VIVIENDA 2018-2021	<b>7</b>
	Inclusión en el Sistema de Información Urbana (SIU) y en otros visores urbanos	<b>8</b>
<b>C. LUGARES DE TRABAJO</b>	Evaluar la pertinencia de la vigilancia sanitaria específica de los trabajadores y trabajadoras expuestos/as a radón	<b>9</b>
	Facilitar la aplicación de la Publicación 137 Parte 3 de la ICRP a la evaluación de dosis por radón en lugares de trabajo con condiciones extremas	<b>10</b>
<b>D. ZONAS DE ACTUACIÓN PRIORITARIAS</b>	Seguimiento y difusión de la guía de rehabilitación frente al radón	<b>11</b>
<b>E. COMUNICACIÓN Y CONCIENCIACIÓN</b>	Concienciación a la población y/o grupos específicos	<b>12</b>

**EJE: CONOCIMIENTO E INFRAESTRUCTURA BÁSICA****Nº 1****Carga de cáncer de pulmón atribuible a la exposición a radón en España**

<b>Objetivo</b>	Estimar el número de cánceres atribuibles a la exposición a radón en España.	
<b>Descripción</b>	Caracterizar y cuantificar el riesgo de cáncer de pulmón debido a la exposición a radón en relación con las zonas de elevada emisión de radón.	
<b>Responsable</b>	Ministerio de Sanidad.	
<b>Colaboradores</b>	Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) y Universidad de Santiago de Compostela.	
<b>Producto</b>	Informe sobre el número de cánceres atribuibles a la exposición al radón en la situación actual y modelo estadístico de estimación de cáncer atribuible.	
<b>Cronograma de actuaciones</b>	<b>2020</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Análisis de la bibliografía relacionada.</li> <li>- Análisis descriptivo de los datos epidemiológicos para la estimación de casos de cáncer de pulmón atribuibles a la exposición al radón y otros factores.</li> </ul>
	<b>2021 y SS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Actualización y continuación del análisis, si procede.</li> <li>- Acciones de vigilancia sanitaria.</li> </ul>
<b>Presupuesto €</b>	Costes asumidos por el Ministerio de Sanidad.	
<b>Indicador de ejecución</b>	Publicación del informe.	
<b>Indicador de resultados</b>	Cáncer de pulmón atribuible a la exposición al radón.	
<b>Seguimiento</b>	Estimación anual de los nuevos casos de cáncer de pulmón influidos por la exposición al radón y comparación con tasas anteriores.	



**EJE: CONOCIMIENTO E INFRAESTRUCTURA BÁSICA****Nº 1****Carga de cáncer de pulmón atribuible a la exposición a radón en España****Desarrollo**

En la redacción del informe se contemplarán los siguientes puntos:

- Análisis de la bibliografía relacionada disponible.
- Estadística descriptiva de la población española afectada por cáncer de pulmón en el periodo de estudio.
- Análisis de los principales factores implicados en el desarrollo del cáncer de pulmón y su influencia en la tasa de incidencia de la enfermedad sobre cada población asociada a los factores de riesgo.
- Cálculo de la incidencia del cáncer de pulmón en cada población y grupo de personas que se encuentran relacionados con los factores que se hayan mostrado significativos. Con estos datos poblacionales se puede proceder al cálculo del riesgo relativo y atribuible a la exposición al radón de sufrir cáncer de pulmón, así como la proporción de casos que podrían evitarse al reducir los niveles de radón para una población.
- Con los niveles de radón zonales, ajuste de un modelo estadístico que explique los casos de cáncer de pulmón a partir de los factores que se han mostrado relevantes durante el desarrollo del mismo.
- Formulación de la ecuación de dicho modelo estadístico que nos permita predecir los casos de cáncer atribuibles tanto a la exposición a cualquier nivel de radón como a la variación controlable de alguno de los factores incluidos en el modelo estadístico.

**EJE: CONOCIMIENTO E INFRAESTRUCTURAS BÁSICAS****Nº 2****Desarrollar y actualizar el mapa de potencial de radón y elaborar mapas de radón a escala regional o local****I. Mapa del potencial de radón de España**

<b>Objetivo</b>	Actualizar el mapa de potencial de radón de España, incorporando nuevas mediciones de radón obtenidas a partir de: (1) desarrollos de mapas autonómicos y campañas subvencionadas por Ayuntamientos; y (2) la tercera fase del <i>Proyecto Radón 10 × 10</i> , dedicada a zonas kársticas.
<b>Descripción</b>	<p>El mapa de potencial de radón de España, elaborado por el CSN, identifica las zonas geográficas con mayor riesgo de exposición al radón a partir de: (i) las 12.000 mediciones de radón disponibles en enero de 2017; (ii) el mapa MARNA de exposición a la radiación gamma natural; y (iii) el mapa litoestratigráfico del IGME.</p> <p>Este mapa, a escala 1:200.000, ha servido de base para establecer la zonificación del apéndice B de la sección DB-HS 6, “Protección frente al radón”, del Código Técnico de la Edificación, y se utilizará para definir los municipios de actuación prioritaria a los que hace referencia el <i>Reglamento de protección de la salud contra los peligros derivados de la exposición a las radiaciones ionizantes</i>.</p> <p>El mapa es una herramienta dinámica, que debe seguir actualizándose y mejorándose. Para ello, a los esfuerzos del CSN se unirán los de las comunidades autónomas y los municipios que han adoptado líneas específicas de actuación contra el radón.</p> <p>El CSN subvencionará durante el periodo 2020–2024 la tercera fase del <i>Proyecto Radón 10 × 10</i>, centrada en los sistemas kársticos. Este tipo de litología es un posible factor de riesgo de radón, que no ha sido suficientemente estudiado en España.</p> <p>Por otro lado, para cada nueva medición, se incorporarán datos sobre las características constructivas del edificio. Esta información es determinante en los niveles de radón en el ambiente interior, y su análisis permitirá optimizar las estrategias de protección contra el gas, así como evaluar la eficacia de estas de manera más precisa.</p>
<b>Responsable</b>	Consejo de Seguridad Nuclear (CSN).
<b>Colaboradores</b>	Por determinar.

**EJE: CONOCIMIENTO E INFRAESTRUCTURAS BÁSICAS****Nº 2****Desarrollar y actualizar el mapa de potencial de radón y elaborar mapas de radón a escala regional o local**

<b>Producto</b>	Versión actualizada del mapa de potencial de radón de España.	
<b>Cronograma de actuaciones</b>	<b>2020</b>	
	<b>2021</b>	Actividad 1.
	<b>2022</b>	Actividades 2 y 3.
	<b>2023</b>	Actividades 4 y 5.
	<b>2024</b>	Actividades 6 y 7.
<b>Presupuesto €</b>		
<b>Indicador de ejecución</b>	Publicación de informe de resultados.	
<b>Indicador de resultados</b>	Número de nuevas mediciones incorporadas al mapa.	
<b>Seguimiento</b>		
<b>Desarrollo</b>	<p>Para conseguir el objetivo propuesto se contemplan las siguientes actividades:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Caracterizar geológica y estructuralmente las zonas kársticas de estudio.</li> <li>2) Determinar el contenido de radón en agua en distintos puntos de las redes de abastecimiento.</li> <li>3) Llevar a cabo medidas de radón en viviendas y puestos de trabajo en las áreas de interés, seleccionadas en base a la caracterización geológico-estructural, medir la concentración de radón en el gas del suelo y la permeabilidad a gases.</li> <li>4) Analizar estadísticamente los datos obtenidos.</li> <li>5) Aplicar modelos numéricos al comportamiento del radón en zonas kársticas y extrapolar dichos modelos al mapa de potencial de radón de España y elaborar el informe de resultados.</li> <li>6) Integrar los resultados de las medidas de los mapas especificados.</li> <li>7) Actualizar el mapa de potencial de radón de España del CSN.</li> </ol>	

**EJE: CONOCIMIENTO E INFRAESTRUCTURAS BÁSICAS****Nº 3****Organizar de manera periódica intercomparaciones de medida de la concentración de radón en el aire (para sistemas de medida integradores y monitores en continuo)**

<b>Objetivo</b>	Asegurar la fiabilidad y la calidad de las determinaciones de concentración de radón en el aire interior, fomentando la acreditación de laboratorios según la ISO 17025 y la autorización de Unidades Técnicas de Protección Radiológica en el ámbito de la radiación natural.
<b>Descripción</b>	<p>La exposición al radón en los lugares de trabajo está regulada desde hace años en España por el <i>Reglamento de Protección de la Salud contra los peligros derivados de la exposición a las Radiaciones Ionizantes</i> y por la Instrucción IS-33 del CSN.</p> <p>Este marco regulador se ha visto reforzado por la directiva 2013/59/Euratom, que comporta requisitos de control adicionales para la exposición de los trabajadores, así como la inclusión de medidas de protección contra el radón en el Código Técnico de la Edificación.</p> <p>Todo ello conllevará un importante aumento de la demanda de servicios de medición de radón y de evaluación de las dosis asociadas, por lo que se hace imprescindible garantizar la calidad y fiabilidad de estas determinaciones. Para este fin, tanto la acreditación de laboratorios por ENAC según la ISO 17025 como la autorización de Unidades Técnicas de Protección Radiológica en el ámbito de la radiación natural, otorgada por el CSN, son herramientas fundamentales.</p> <p>La norma UNE-EN ISO/IEC 17025 incluye la participación en programas de intercomparación como un requisito básico de aseguramiento de calidad, como recoge también la Guía 11.1 del CSN de <i>Directrices sobre la competencia de los laboratorios y entidades de medida de radón en aire</i>. Las intercomparaciones redundan en la mejora de los servicios de medición, al obligar al laboratorio o entidad, ante resultados no satisfactorios, a poner a prueba su capacidad para detectar la posible fuente del error y corregirlo.</p> <p>En el ámbito de la medida del radón, la respuesta de los detectores depende de las distintas condiciones ambientales, como la temperatura, la humedad relativa o las propias fluctuaciones de la concentración de radón, lo cual tiene especial incidencia en ambientes laborales, en los que pueden encontrarse condiciones ambientales extremas. Por ello, los ejercicios de intercomparación de medida de radón deben cubrir, de manera controlada, un rango</p>

**EJE: CONOCIMIENTO E INFRAESTRUCTURAS BÁSICAS****Nº 3****Organizar de manera periódica intercomparaciones de medida de la concentración de radón en el aire (para sistemas de medida integradores y monitores en continuo)**

	<p>amplio de condiciones ambientales.</p> <p>La organización periódica de intercomparaciones permitirá, además, establecer un dialogo técnico entre el CSN y los laboratorios y entidades de medida, así como verificar la adecuada respuesta de los nuevos dispositivos de medición que van incorporándose al mercado.</p>	
<b>Responsable</b>	Consejo de Seguridad Nuclear (CSN).	
<b>Colaboradores</b>	<p>Laboratorio con cámara de radón con atmósfera controlada.</p> <p>Laboratorio con capacidad para organizar ejercicios de intercomparación en condiciones de campo.</p> <p>Otros colaboradores por determinar.</p>	
<b>Producto</b>	<p>Informes de resultados de los ejercicios de intercomparación.</p> <p>Jornadas técnicas.</p> <p>Actualización de la Guía 11.1 del CSN.</p>	
<b>Cronograma de actuaciones</b>	<b>2020</b>	
	<b>2021</b>	Actividad 1.
	<b>2022</b>	Actividades 2 y 4
	<b>2023</b>	
	<b>2024</b>	Actividades 3, 4 y 5.
<b>Presupuesto €</b>		
<b>Indicador de ejecución</b>	Publicación de informes de resultados.	
<b>Indicador de resultados</b>	Número de laboratorios o entidades participantes en las intercomparaciones y de asistentes a las Jornadas técnicas.	
<b>Seguimiento</b>		

**EJE: CONOCIMIENTO E INFRAESTRUCTURAS BÁSICAS****Nº 3****Organizar de manera periódica intercomparaciones de medida de la concentración de radón en el aire (para sistemas de medida integradores y monitores en continuo)**

<b>Desarrollo</b>	<p>Para conseguir el objetivo propuesto se contemplan las siguientes tareas:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1) Planificar los ejercicios de intercomparación. Establecer los criterios de priorización de participantes y los criterios para la evaluación objetiva de resultados.</li><li>2) Realizar un ejercicio de intercomparación (equipos de medida en continuo) en condiciones de campo y celebrar una Jornada técnica para los participantes.</li><li>3) Realizar un ejercicio de intercomparación (incluyendo sistemas pasivos y respuesta de equipos en continuo bajo diferentes condiciones ambientales) en cámara de radón tipo STAR, con atmósfera controlada.</li><li>4) Elaborar informes de resultados de cada ejercicio.</li><li>5) Celebrar una Jornadas técnica de presentación de resultados en el CSN.</li></ol>
-------------------	---

**EJE: CONOCIMIENTO E INFRAESTRUCTURAS BÁSICAS****Nº 4****Validar y mejorar las estrategias de muestreo temporal**

<b>Objetivo</b>	Validar y mejorar los protocolos de muestreo de la Guía de Seguridad 11.4 del CSN y del Apéndice C Documento Básico HS6 “Protección frente al radón” del Código Técnico de la Edificación (CTE).
<b>Descripción</b>	<p>La exposición al radón tiene efectos nocivos para la salud solo a largo plazo. Por ello, el nivel de referencia de 300 Bq/m<sup>3</sup> establecido en la reglamentación para la concentración de radón en el aire interior viene expresado en términos de un promedio anual.</p> <p>En la práctica puede no ser viable, o no estar justificado, medir a lo largo de un año completo. En base a la experiencia internacional y a la información sobre la variabilidad del radón disponible en la literatura científica, en la normativa en vigor se consideran representativas del promedio anual: (i) para lugares de trabajo, las medidas de al menos 3 meses de duración, fuera de la época estival (salvo en lugares subterráneos en los que se requiere medir un año completo); (ii) en el ámbito del CTE, a fin de estimar la necesidad de acciones de remedio en los edificios con carácter previo a su rehabilitación, las medidas de al menos dos meses, en cualquier época del año, sujetas a la aplicación de un factor de cobertura, en función de la zona climática y del periodo en el que estas se lleven a cabo.</p> <p>La obtención de series espacio-temporales de concentración de radón, a partir de mediciones en continuo tomadas durante un periodo de dos años en un número suficiente de puntos de muestreo, permitirá, mediante su análisis estadístico, validar o revisar las estrategias de muestreo, cuantificando las tasas de error al estimar el promedio anual, y obteniendo coeficientes de variación por zona climática. En particular, será posible valorar si pueden admitirse ciclos más cortos de muestreo, por ejemplo, para verificar la efectividad de las medidas de remedio acometidas en un edificio.</p> <p>Las series se obtendrán a partir de una red piloto de 40 monitores de radón ubicados en plantas bajas o plantas subterráneas de lugares de trabajo o viviendas, seleccionados en función de sus niveles de radón y localización geográfica. Como control de calidad se utilizarán detectores pasivos, expuestos de manera continua en periodos de seis meses, y cuatro monitores de control adicionales.</p>
<b>Responsable</b>	Consejo de Seguridad Nuclear (CSN).

**EJE: CONOCIMIENTO E INFRAESTRUCTURAS BÁSICAS****Nº 4****Validar y mejorar las estrategias de muestreo temporal**

<b>Colaboradores</b>	Por determinar.	
<b>Producto</b>	Publicación CSN (Colección Informes Técnicos). Revisión de los protocolos de muestreo (GS 11.4; DB-HS6 del CTE).	
<b>Cronograma de actuaciones</b>	<b>2020</b>	Actividades 1 y 2.
	<b>2021</b>	Actividad 3.
	<b>2022</b>	Actividades 4 y 5.
	<b>2023</b>	Actividad 6.
	<b>2024</b>	Actividad 7.
<b>Presupuesto €</b>		
<b>Indicador de ejecución</b>	Publicación de informes de resultados.	
<b>Indicador de resultados</b>	Series espacio-temporales de concentración de radón en el aire interior. Estadísticos por zona climática.	
<b>Seguimiento</b>		
<b>Desarrollo</b>	<p>Para conseguir el objetivo propuesto se contemplan las siguientes tareas:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Seleccionar los equipos de medida en continuo.</li> <li>2) Seleccionar las localizaciones de medida idóneas a partir de un pre-muestreo con detectores pasivos. Poner en servicio la red piloto.</li> <li>3) Adquisición de datos del 1<sup>er</sup> año. Verificaciones y controles de calidad.</li> <li>4) Analizar estadísticamente las series y estudiar posibles mejoras.</li> <li>5) Adquisición de datos del 2<sup>o</sup> año. Hacer verificaciones y controles de calidad.</li> <li>6) Analizar los resultados globales y elaborar el informe final.</li> <li>7) Revisar las Guías del CSN y protocolos de medida en función de los resultados reflejados en el informe final.</li> </ol>	



**EJE: CONOCIMIENTO E INFRAESTRUCTURAS BÁSICAS****Nº 5****Estudiar las contribuciones a las dosis por radón del agua y de los materiales de construcción**

<b>Objetivo</b>	Evaluar la exposición de la población al radón en el aire interior de las viviendas procedente del uso de agua corriente y de la exhalación de los materiales de construcción.	
<b>Descripción</b>	<p>La principal fuente de radón en los edificios es, en general, el terreno sobre el que estos se asientan, aunque, en condiciones particulares, el agua corriente o los materiales de construcción también pueden representar aportes importantes de radón al aire interior.</p> <p>En España existe regulación al respecto:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ El Real Decreto 314/2016, que transpone la directiva 2013/51/Euratom y fija un valor paramétrico de 500 Bq/l para la concentración de radón en el agua.</li> <li>▪ El artículo 75 de la directiva 2013/59/Euratom, que establece un nivel de referencia de 1 mSv/año para la exposición a la radiación gamma emitida por los productos de construcción, lo cual limita indirectamente su contenido en Ra-226 y, por tanto, la exhalación de radón.</li> </ul> <p>No obstante, es necesario evaluar el grado de implantación de esta reglamentación en la práctica y valorar en qué medida garantiza que la contribución del agua y de los materiales de construcción no dificulte el cumplimiento del nivel de referencia establecido para el radón en los ambientes interiores (300 Bq/m<sup>3</sup>).</p> <p>A partir de mediciones del contenido de radón en acuíferos y abastecimientos de agua subterránea y de la exhalación de radón de los materiales de construcción más utilizados en España se estimará la incidencia de estas dos fuentes de radón sobre las dosis efectivas recibidas en las viviendas (para el conjunto de la población y para los individuos más expuestos). El conocimiento adquirido permitirá determinar si son adecuados los controles actuales o si, por el contrario, se requieren medidas adicionales.</p>	
<b>Responsable</b>	Consejo de Seguridad Nuclear (CSN).	
<b>Colaboradores</b>	Ministerio de Sanidad. Otros colaboradores por determinar	
<b>Producto</b>	Informe de resultados y, si procede, propuestas de actuación sobre desarrollo de nueva normativa.	
<b>Cronograma de</b>	<b>2020</b>	Actividades 1 y 2.

**EJE: CONOCIMIENTO E INFRAESTRUCTURAS BÁSICAS****Nº 5****Estudiar las contribuciones a las dosis por radón del agua y de los materiales de construcción**

<b>actuaciones</b>	<b>2021</b>	Actividades 3 y 4.
	<b>2022</b>	Actividades 5 y 6.
	<b>2023</b>	Actividad 7.
	<b>2024</b>	Actividades 8 y 9.
<b>Presupuesto €</b>		
<b>Indicador de ejecución</b>	Publicación de informes de resultados.	
<b>Indicador de resultados</b>	Estimación de las contribuciones a la dosis por radón del agua corriente y de los materiales de construcción (para el promedio de la población y para los individuos más expuestos).	
<b>Seguimiento</b>	Informes de resultados.	
<b>Desarrollo</b>	<p>Para conseguir el objetivo propuesto se contemplan las siguientes actividades:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Extraer la información de la base de datos SINAC (Sistema de Información Nacional de Aguas de Consumo) relativa a las medidas de radón en agua aportadas por los gestores de los abastecimientos.</li> <li>2) Analizar los datos de SINAC en comparación con los resultados de radón en agua subterránea obtenidas a partir de diversos proyectos de I+D subvencionados por el CSN.</li> <li>3) Efectuar determinaciones independientes de radón en agua, muestreada en el grifo del consumidor, en localidades cuyo abastecimiento sea de origen subterráneo, y seleccionadas atendiendo al tipo de acuífero y a los valores de actividad alfa total en el agua.</li> <li>4) Desarrollar una metodología estandarizada para evaluar en laboratorio la exhalación de los materiales de construcción conformados o granulados.</li> <li>5) Caracterizar radiológicamente (actividad específica y exhalación de radón) los materiales y elementos de construcción más utilizados en España.</li> <li>6) Evaluar, para una habitación tipo, la contribución de la exhalación procedente de los materiales de construcción al radón en el aire</li> </ol>	

**EJE: CONOCIMIENTO E INFRAESTRUCTURAS BÁSICAS****Nº 5****Estudiar las contribuciones a las dosis por radón del agua y de los materiales de construcción**

interior.

- 7) Investigar distintas técnicas de remediación/tratamientos que permitan reducir la exhalación de radón de materiales con alto contenido de Ra-226.
- 8) Estimar las dosis por radón debidas al agua y a los materiales de construcción.
- 9) Elaborar informes de resultados.

<b>EJE: EDIFICACIÓN</b>		<b>Nº 6</b>
<b>Normativa: Desarrollo de nueva sección HS 6 en el Documento Básico DB HS de Salubridad del CTE</b>		
<b>Objetivo</b>	Limitar el riesgo de exposición de las personas a concentraciones inadecuadas de radón procedente del terreno en el interior de los locales habitables de las edificaciones.	
<b>Descripción</b>	Para el cumplimiento del objetivo, se establece un nivel de referencia para el promedio anual de concentración de radón en el interior de los locales habitables de 300 Bq/m <sup>3</sup> .	
<b>Responsable</b>	Ejecución: Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (S.G. Arquitectura y Edificación)	
<b>Colaboradores</b>	Instituto de ciencias de la construcción Eduardo Torroja (IETcc) del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)	
<b>Producto</b>	Normativa de obligado cumplimiento	
<b>Cronograma de actuaciones</b>	<b>2020</b>	Aprobación prevista primer semestre 2019.
	<b>2021 y SS</b>	Seguimiento y análisis de su aplicación.
<b>Presupuesto €</b>	Costes asumidos por el Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana.	
<b>Indicador de ejecución</b>	Aprobación del documento.	
<b>Indicador de resultados</b>	Nº Licencias concedidas en municipios incluidos en el Apéndice B de la Sección HS6 del Documento Básico de Salubridad del CTE. Mediciones realizadas en obras nuevas en las que se haya aplicado esta nueva normativa y en intervenciones en edificios existentes antes y después de la aplicación de la misma.	
<b>Seguimiento</b>	A través de la Encuesta Ministerio Fomento que se debe rellenar al solicitar Licencias de obras. Mediante campañas de medición.	
<b>Desarrollo</b>	Las líneas fundamentales de la nueva sección HS 6 en el Documento Básico DB HS de Salubridad, son: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Ámbito de aplicación.</u> La obligatoriedad de implementar medidas específicas de protección frente al radón se limita a aquellos municipios en los que haya una probabilidad significativa de que los edificios allí construidos sin medidas específicas de protección frente al radón presenten concentraciones de radón superiores al nivel de referencia. El listado de municipios será suministrado por el Consejo de Seguridad Nuclear y está elaborado en base a las campañas de mediciones realizadas por dicho Consejo en todo el</li> </ul>	

**EJE: EDIFICACIÓN****Nº 6****Normativa: Desarrollo de nueva sección HS 6 en el Documento Básico DB HS de Salubridad del CTE**

territorio nacional. En el listado se clasificarán los municipios en dos grupos, en función del nivel de riesgo, estableciéndose las medidas de protección dependiendo del grupo al que pertenezca el municipio en que se ubica el edificio.

La nueva sección será de aplicación a cualquier edificio, independientemente de su uso (vivienda o terciario). Será de aplicación a todos los edificios nuevos y también a intervenciones en edificios existentes en los siguientes casos:

- en ampliaciones, a la parte nueva;
- en cambio de uso, a todo el edificio si se trata de un cambio de uso característico o a la zona afectada, si se trata de un cambio de uso que afecta únicamente a parte de un edificio
- en obras de reforma, a la zona afectada, cuando se realicen modificaciones que permitan aumentar la protección frente al radón o alteren la protección inicial.

- Verificación y justificación de la exigencia.

Se establecen las medidas de protección contra el radón que deben implementarse en el edificio en función de la zona a la que pertenezca el municipio donde se ubica el mismo.

Las medidas destinadas a limitar la concentración de radón en el interior de los edificios se basan en dos aspectos fundamentales:

- Utilizar barreras de protección capaces de mitigar la entrada de gas radón procedente del terreno en el interior de la edificación.
- Utilizar sistemas capaces de reconducir el gas radón al aire libre para evitar que penetre en el interior de las edificaciones, básicamente, mediante sistemas de ventilación de los espacios ubicados entre las zonas habitables del edificio y el terreno (como la cámara sanitaria o plantas bajas no habitables) o sistemas de despresurización del terreno de debajo del edificio.

Las medidas anteriores se adoptan en cada caso en función del nivel de riesgo del municipio en el que encuentra la edificación.

- Procedimiento de medida de la concentración de radón.

El Documento Básico también incluye en un apéndice del mismo un procedimiento reglado para la determinación experimental del promedio anual de concentración de radón en el aire en los locales habitables de un edificio.

EJE: EDIFICACIÓN		Nº 7
Desarrollo PLAN ESTATAL DE VIVIENDA 2018-2021		
<b>Objetivo</b>	Seguimiento de los expedientes de concesión de las ayudas en relación con la protección frente a la exposición al Radón recogidas en el Plan Estatal de Vivienda 2018-2021.	
<b>Descripción</b>	El objetivo final es proteger a la población de los efectos perniciosos sobre la salud de la acumulación de gas radón en los edificios. La salud pública es el interés público afectado.	
<b>Responsable</b>	Ejecución: Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (S.G. Arquitectura y Edificación y S.G. de Política y Ayudas a la Vivienda)	
<b>Colaboradores</b>	Consejerías de edificación de las Comunidades Autónomas	
<b>Producto</b>	Ayudas y subvenciones	
<b>Cronograma de actuaciones</b>	<b>2020</b>	Desarrollo del plan.
	<b>2021</b>	Desarrollo del plan.
	<b>2022</b>	Desarrollo del plan.
<b>Presupuesto €</b>	Es difícil de determinar ya que es un programa que incluye otras ayudas destinadas a otra finalidad.	
<b>Indicador de ejecución</b>	Publicación 10 de marzo de 2018. Firmas Convenios.	
<b>Indicador de resultados</b>	Nº ayudas concedidas con la finalidad de reducir los niveles de concentración de radón en las viviendas.	
<b>Seguimiento</b>	Recabar los datos a través de los responsables de la concesión ayudas	
<b>Desarrollo</b>	<p>El Programa 5 denominado <i>de fomento de la mejora de la eficiencia energética y sostenibilidad en viviendas</i> señala que se consideran actuaciones subvencionables:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Las que mejoren el cumplimiento de los parámetros establecidos en el Documento Básico del Código Técnico de la Edificación DB-HS de salubridad o, en su defecto, las que afecten a elementos cuyo tratamiento permita reducir de forma efectiva en el interior de la edificación el promedio anual de concentración de radón a niveles inferiores a 300 Bq/m<sup>3</sup>, o en las que, sin alcanzar dicho nivel, se reduzca la concentración inicial en al menos un 50%.</li> </ul>	

**EJE: EDIFICACIÓN****Nº 8****Inclusión en el Sistema de Información Urbana (SIU) y en otros visores urbanos**

<b>Objetivo</b>	Integración de datos de concentración de radón en el terreno en la plataforma de información urbanística y en otros visores urbanos.	
<b>Descripción</b>	Integrar la protección frente a la exposición al radón en los planes urbanísticos y ser una herramienta para la toma de decisiones constructivas referentes a las edificaciones nuevas y existentes.	
<b>Responsable</b>	Ejecución: Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (S.G. Arquitectura y Edificación y S.G. de Suelo, Información y Evaluación).	
<b>Colaboradores</b>	Consejerías de edificación y urbanismo de las Comunidades Autónomas. Consejo de Seguridad Nuclear (CSN). Entidades Locales e instituciones y organismos relacionados con la información territorial.	
<b>Producto</b>	El Sistema de Información Urbana (SIU) constituye un sistema público general e integrado de información, recogido en la Disposición adicional primera del TR de la Ley de Suelo y Rehabilitación Urbana, aprobado por RD Legislativo 7/2015, y desarrollado por parte del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana en colaboración con las comunidades autónomas con el principal objetivo de promover la transparencia en materia de suelo y urbanismo en España.	
<b>Cronograma de actuaciones</b>	<b>2020</b>	Obtención de datos y volcado de los mismos en plataforma
	<b>2021 y SS</b>	Mantenimiento y mejora de datos de información territorial
<b>Presupuesto €</b>	Pendiente de consultar costes S.G. de Suelo, Información y Evaluación.	
<b>Indicador de ejecución</b>	Consolidación en el sistema de la información territorial necesaria.	
<b>Indicador de resultados</b>	Utilización de la información territorial suministrada	
<b>Seguimiento</b>	Mantenimiento y mejora de la información territorial referente a la protección frente a la exposición al radón	

**EJE: EDIFICACIÓN****Nº 8****Inclusión en el Sistema de Información Urbana (SIU) y en otros visores urbanos****Desarrollo**

El SIU contribuye a fortalecer un sistema que permite aproximarse de forma homogénea y comparable a la realidad urbanística, y que garantiza la máxima compatibilidad, coordinación y complementariedad con el resto de sistemas de información.

La principal herramienta para acceder a todo el contenido gráfico y alfanumérico del Sistema de Información Urbana es su visor cartográfico. A través el Visor SIU se accede de manera libre y gratuita a toda la información urbanística de los municipios integrados. Además, ofrece información complementaria, entre otra, sobre riesgos naturales entre la que se incluiría la referente a la protección frente a la exposición al radón.

Esta información puede ser relevante a la hora de planificar futuros desarrollos urbanos.



**EJE: LUGARES DE TRABAJO****Nº 9****Evaluar la pertinencia de la vigilancia sanitaria específica de los trabajadores y trabajadoras expuestos/as a radón**

<b>Objetivo</b>	Conocer la pertinencia de proponer un Protocolo de Vigilancia Sanitaria específica para trabajadores y trabajadoras expuestos/as a radón.	
<b>Descripción</b>	Se evaluará la efectividad del cribado de cáncer de pulmón empleando tomografía computarizada de dosis baja de radiación para reducir la mortalidad por cáncer de pulmón en personas expuestas a elevadas dosis de radón.	
<b>Responsable</b>	Ministerio de Sanidad.	
<b>Colaboradores</b>	Red de Agencias de Evaluación de Tecnologías Sanitarias.	
<b>Producto</b>	Informe sobre cribado de cáncer de pulmón con tomografía computarizada de baja dosis.	
<b>Cronograma de actuaciones</b>	<b>2020</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Análisis de la bibliografía relacionada.</li> <li>- Selección de Agencia de Evaluación de Tecnologías Sanitarias.</li> <li>- Inicio de la evaluación.</li> </ul>
	<b>2021 y SS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Continuación de la evaluación.</li> <li>- Redacción y publicación del informe de evaluación.</li> </ul>
<b>Presupuesto €</b>	Costes asumidos por el Ministerio de Sanidad.	
<b>Indicador de ejecución</b>	Publicación del informe.	
<b>Indicador de resultados</b>	Efectividad del cribado de cáncer de pulmón.	
<b>Seguimiento</b>	Revisión continuada de la evidencia científica sobre la pertinencia de la vigilancia sanitaria específica de los trabajadores y trabajadoras expuestos/as a radón.	
<b>Desarrollo</b>		

**EJE: LUGARES DE TRABAJO****Nº 10****Facilitar la aplicación de la Publicación 137 Parte 3 de la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) en lugares de trabajo con condiciones extremas**

<b>Objetivo</b>	Garantizar la fiabilidad de las estimaciones de dosis ocupacionales por radón y facilitar la adopción de las medidas de protección operacional adecuadas en aquellos casos en los que las soluciones de tipo constructivo son ineficaces o insuficientes.
<b>Descripción</b>	<p>La directiva europea 2013/59/Euratom requiere llevar a cabo una evaluación de dosis para los trabajadores que desempeñan su actividad laboral en lugares de trabajo con concentraciones de radón superiores al nivel de referencia. Cuando estas dosis puedan ser superiores a 6 mSv/año, la exposición de los trabajadores debe ser gestionada como una situación de exposición planificada, lo cual conlleva, entre otras medidas, implantar un programa de vigilancia dosimétrica.</p> <p>En 2018, la ICRP (Comisión Internacional de Protección Radiológica) publicó sus nuevos coeficientes de dosis por radón (Publicación 137, Parte 3). De acuerdo con estos, en la mayoría de los lugares de trabajo, una concentración de radón de 300 Bq/m<sup>3</sup> corresponde a una dosis efectiva de 4 mSv/año. No obstante, en condiciones no estándar (por ejemplo, ambientes con humedad elevada, con alta o con muy baja concentración de aerosoles o con distribuciones de tamaño de partícula anómalas) la relación anterior puede infravalorar o, por el contrario, sobreestimar ampliamente las dosis recibidas.</p> <p>Por ello, en determinados tipos de lugares de trabajo, se hace necesario llevar a cabo investigaciones sobre los parámetros que más influyen en la dosis por radón, y, a partir de los resultados experimentales, hacer cálculos de dosis siguiendo la metodología propuesta por la ICRP.</p> <p>La información obtenida permitirá derivar coeficientes de dosis específicos para estos lugares de trabajo o, bien, diseñar programas de vigilancia dosimétricos <i>ad hoc</i>. Por otro lado, estas investigaciones serán relevantes, además, para el diseño de soluciones técnicas de mitigación (ej. ventilaciones forzadas) o para la selección de equipos de protección individual.</p>
<b>Responsable</b>	Consejo de Seguridad Nuclear (CSN).
<b>Colaboradores</b>	Por determinar.

**EJE: LUGARES DE TRABAJO****Nº 10****Facilitar la aplicación de la Publicación 137 Parte 3 de la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) en lugares de trabajo con condiciones extremas**

<b>Producto</b>	Informe sobre la validación y metodología de utilización óptima de los coeficientes de conversión a dosis especificados en ICRP137. Revisión de la Guía 11.4 del CSN.	
<b>Cronograma de actuaciones</b>	<b>2020</b>	
	<b>2021</b>	Actividades 1 y 2.
	<b>2022</b>	Actividades 3, 4 y 5.
	<b>2023</b>	Actividades 6 y 7.
	<b>2024</b>	Actividad 8.
<b>Presupuesto €</b>		
<b>Indicador de ejecución</b>	Publicación del informe de resultados.	
<b>Indicador de resultados</b>	Coeficientes de dosis específicos para lugares de trabajo tipo, y/o protocolos de estimación de dosis y vigilancia dosimétrica en función de parámetros medibles de forma rutinaria, distintos de la concentración de gas radón en el aire.	
<b>Seguimiento</b>		
<b>Desarrollo</b>	<p>Para la consecución del objetivo propuesto se contemplan las siguientes actividades:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Analizar de la sistemática desarrollada en la ICRP137 para el cálculo dosimétrico en los lugares de trabajo y estudio bibliográfico</li> <li>2) Desarrollar la metodología para las estimaciones de dosis en base a las variables medidas en lugar del trabajo (fluctuaciones temporales, factor de equilibrio, fracción libre, concentración de partículas en el aire y espectro dimensional)</li> <li>3) Identificar los lugares de trabajo para los estudios piloto de estimación dosimétrica, incluyendo: <ol style="list-style-type: none"> <li>i) Lugares de trabajo subterráneos (como cuevas, minas y bodegas)</li> <li>ii) Lugares de trabajo en los que se procesa o aprovecha agua subterránea (como es el caso de los balnearios y plantas de</li> </ol> </li> </ol>	

**EJE: LUGARES DE TRABAJO****Nº 10****Facilitar la aplicación de la Publicación 137 Parte 3 de la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) en lugares de trabajo con condiciones extremas**

	<p>embotellamiento de agua subterránea).</p> <ol style="list-style-type: none"><li>4) Adecuar una cámara de radón con atmósfera controlada para la realización de medidas del factor de equilibrio, la fracción libre, la concentración de partículas en el aire y de su espectro dimensional.</li><li>5) Realizar una intercomparación en la cámara de radón con atmósfera controlada con equipos de medida de descendientes del radón, del factor de equilibrio, la fracción libre y la concentración de partículas.</li><li>6) Hacer las medidas en los lugares de trabajo seleccionados y determinar los factores de conversión a dosis específicos, que se compararán con los especificados en ICRP137.</li><li>7) Aplicar y validar un modelo dinámico de las concentraciones de radón y descendientes en recintos interiores, a fin de simular la evolución temporal tanto de las concentraciones de radón como sus descendientes totales y aquellos no adheridos a partículas de aerosol.</li><li>8) Definir procedimientos del cálculo dosimétrico en lugares de trabajo, que puedan ser incorporados a la Guía de Seguridad 11.4 del CSN.</li></ol>
--	---

**EJE: ZONAS DE ACTUACIÓN PRIORITARIAS****Nº 11****Seguimiento y difusión de la guía de rehabilitación frente al radón**

<b>Objetivo</b>	<p>El objetivo de la Guía de rehabilitación frente al radón es el de ser una herramienta práctica de ayuda enfocada tanto al usuario de la vivienda como a los agentes que puedan intervenir en el proceso técnico de protección frente al radón en las intervenciones que se realicen en edificios existentes.</p> <p>Esta información dada, tanto al usuario, como al resto de los agentes, intenta abarcar, en la medida de lo posible, todo el proceso partiendo de la detección o diagnóstico del problema, la interpretación de los resultados obtenidos, y la elección de las medidas a adoptar que atajen el problema existente.</p>	
<b>Descripción</b>	<p>La guía reúne las siguientes características:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Práctica, con explicaciones detalladas.</li> <li>2. Sencilla y fácilmente entendible tanto por un usuario como por un técnico cualificado no especialista en el área.</li> <li>3. Ilustrada gráficamente, con ejemplos de las soluciones propuestas.</li> <li>4. Completa, en el sentido de que debe recoger los casos más habituales, aunque no necesariamente exhaustiva.</li> <li>5. Representativa del caso español, teniendo en cuenta la naturaleza de nuestra forma de construir.</li> </ol>	
<b>Responsable</b>	Ejecución: Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (S.G. Arquitectura y Edificación)	
<b>Colaboradores</b>	Instituto de ciencias de la construcción Eduardo Torroja (IETcc) del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) Consejerías de edificación de las Comunidades Autónomas	
<b>Producto</b>	Documentación bibliográfica de carácter informativo. Formato digital.	
<b>Cronograma de actuaciones</b>	<b>2020</b>	Publicación inicial.
	<b>2021 y SS</b>	Revisión e inclusión de nuevos contenidos.
<b>Presupuesto €</b>	Costes asociados a la publicación (maquetación...)	
<b>Indicador de ejecución</b>	Publicación digital de la misma.	
	Grado de difusión de la misma. Nº de descargas realizadas.	
<b>Indicador de resultados</b>	Encuestas a través de Colegios profesionales.	

**EJE: ZONAS DE ACTUACIÓN PRIORITARIAS****Nº 11****Seguimiento y difusión de la guía de rehabilitación frente al radón**

<b>Seguimiento</b>	Inclusión de nuevos contenidos y mejora de los iniciales conforme a las necesidades detectadas en distintos ámbitos por el responsable y los colaboradores
<b>Desarrollo</b>	<p>A través de la Subcomisión Administrativa de Calidad en la Edificación se ha constituido un grupo de trabajo con los representantes en materia de edificación de aquellas Comunidades Autónomas que han solicitado formar parte del mismo, con la finalidad de consensuar el contenido de la Guía.</p> <p>El objetivo de la Guía de rehabilitación frente al radón es ser una herramienta práctica de ayuda enfocada tanto al usuario de la vivienda como a los agentes que puedan intervenir en el proceso técnico de protección frente al radón en las intervenciones que se realicen en edificios existentes.</p> <p>La guía se organiza en torno a:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- un texto base en el que se explica cómo entra el radón en el edificio, se explica cómo realizar un diagnóstico de la existencia de radón, y finalmente se recogen las soluciones más habituales, facilitando la elección de las mismas en función de cada caso.</li><li>- Fichas de cada una de las soluciones con detalles constructivos, evaluación de los costes de las mismas y puntos críticos a tener en cuenta para su correcta ejecución.</li><li>- Fichas de ejemplos concretos.</li></ul> <p>Difusión de este documento.</p>

**EJE: COMUNICACIÓN Y CONCIENCIACIÓN****Nº 12****Concienciación a la población y/o grupos específicos**

Objetivo	Aumentar la concienciación pública sobre los riesgos para la salud de la exposición al radón, así como las maneras de disminuir estos riesgos.	
Descripción	Promover y difundir el conocimiento sobre los riesgos para la salud de la exposición al radón a través de información veraz, fiable y contrastada, mediante una serie de actividades que incluirán el diagnóstico, divulgación, concienciación y evaluación de lo conseguido, en la población y/o grupos específicos.	
Responsable	Ministerio de Sanidad	
Colaboradores	CSN, Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, Ministerio de Trabajo y Economía Social	
Producto	Portal Web, Materiales divulgativos	
Cronograma de actuaciones	<b>2020</b>	Recopilación de información para el desarrollo del Portal web Envío de encuestas a la población y/o grupos específicos
	<b>2021</b>	Desarrollo de material divulgativo Análisis de encuestas Campañas de divulgación
	<b>2022 y SS</b>	Mantenimiento y actualización de contenidos. Campañas de divulgación. Desarrollo de materiales específicos según grupo de interés
Presupuesto €		
Indicador de proceso	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acciones de divulgación y concienciación.</li> <li>• Número de visitas a la página web</li> <li>• Interacciones en RRSS</li> </ul>	
Indicador de resultados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grado de concienciación derivado de participación y resultados de encuestas</li> </ul>	
Seguimiento	Mantenimiento y actualización de contenidos	
Desarrollo	Uno de los aspectos clave a abordar en la acción frente al radón es contribuir a que la población general, responsables locales y trabajadores dispongan de información, fiable y concreta, sobre los	

**EJE: COMUNICACIÓN Y CONCIENCIACIÓN****Nº 12****Concienciación a la población y/o grupos específicos**

riesgos para la salud de la exposición al radón, la manera de disminuir dichos riesgos, así como su relación con el tabaco. Para ello se llevaran a cabo diferentes líneas de actuación:

**Diagnóstico de la situación**

Para evaluar el grado de percepción y el nivel de conocimientos sobre los riesgos del radón para la salud se realizarán encuestas/formularios a la población y/o grupos específicos.

Las encuestas incluirán preguntas sobre temas como:

- Conocimientos básicos sobre el radón
- Origen y vías de difusión del radón
- Efectos del radón para la salud
- Medios técnicos para reducir los riesgos del radón para la salud.

El éxito y la utilidad de las encuestas dependerán de su eficiencia, uniformidad, facilidad de análisis, comparabilidad a lo largo del tiempo y posibilidad de generalización de los resultados.

La evaluación es un elemento clave para documentar el nivel de conocimiento del público y determinar cuál es su percepción de los riesgos para la salud del radón; por ello, se realizarán encuestas tanto antes como después de la campaña de comunicación. Las encuestas realizadas antes de la campaña permitirán ayudar a diseñar, evaluar y mejorar la campaña, y las encuestas realizadas una vez establecida la campaña de comunicación permitirán valorar la efectividad de dicha campaña.

**Contenidos digitales**

Una de las maneras/formas más directa y con mayor potencial para contactar con la población son las páginas webs, por ello, una de las líneas de actuación será la creación de un portal web, dentro de la página web del Ministerio de Sanidad.

El objetivo es que el portal contenga la mejor y más completa información sobre los riesgos del radón para la salud, de una manera fácil y accesible para la población y/o grupos específicos, a través de información veraz, fiable y contrastada sobre los riesgos para la salud de la exposición al radón enfocado a resolver las necesidades de información de la población. El portal web deberá tener una ruta accesible a cualquier usuario, y la información se presentará de una manera sencilla e intuitiva. El portal estará dirigido a resolver aquellas



**EJE: COMUNICACIÓN Y CONCIENCIACIÓN****Nº 12****Concienciación a la población y/o grupos específicos**

necesidades de información sobre el radón, para lo cual contará con enlaces, documentación bibliográfica, referencias, entre otros recursos, los cuales aportaran información de una manera oficial y veraz e integrada en un único espacio.

El desarrollo y la difusión del portal web son un punto clave indispensable para aumentar la concienciación en la sociedad de los riesgos derivados de la exposición al radón.

**Redes Sociales**

Para lograr una mayor difusión y alcance a la población y/o grupos específicos se incluirá la temática del radón en la campaña de redes sociales (RRSS) que se realiza por parte del Ministerio de Sanidad. Esta campaña se realizará a través de plataformas como Facebook y Twitter. Los mensajes que se lancen llevarán adjunto un link que derivará a la página web principal, en la cual se podrá ampliar la toda la información.

Para valorar el impacto que tiene la campaña, al final de cada año se realizará un análisis de las interacciones que se hayan producido por parte de los usuarios en esta temática.

**Material divulgativo**

Se desarrollarán diferentes materiales divulgativos como folletos, carteles, spots, etc. que contendrán información sobre los riesgos para la salud de la exposición al radón, así como la manera de disminuirlos. Los materiales divulgativos se adaptarán a cada grupo de interés objetivo o, si es el caso, al público general e incorporarán información sencilla y entendible.

**Sinergia entre radón y tabaco**

Otra información importante que se debe exponer en la campaña de comunicación es la relación entre el riesgo atribuible a la exposición a radón de desarrollar cáncer de pulmón. Es muy relevante la comunicación del hecho de que este riesgo se ve multiplicado por la sinergia entre la acción del radón y la del tabaco sobre el organismo, por lo que los fumadores deben ser considerados como un grupo de riesgo específico.

**Coordinación con otras campañas divulgativas**

Por la influencia del radón en el cáncer de pulmón y la sinergia con el

**EJE: COMUNICACIÓN Y CONCIENCIACIÓN****Nº 12****Concienciación a la población y/o grupos específicos**

efecto del tabaco, se realizarán acciones conjuntas con las campañas estatales sobre el antitabaquismo y la prevención del cáncer. Para ello se incluirá la información sobre dicha sinergia en las campañas realizadas por la Subdirección General de Promoción de la Salud y Vigilancia en Salud y Pública del Ministerio de Sanidad. Del mismo modo, en la información y documentación del portal web desarrollado se hará especial hincapié en el mayor efecto del radón sobre los fumadores y se divulgarán campañas nacionales e internacionales de antitabaquismo.

De manera similar se realizarán campañas conjuntas con el Programa de Cribado Poblacional de Cáncer de esta subdirección, enfocadas a la formación de profesionales para una mejor prevención del cáncer en poblaciones expuestas a altos niveles de radón.

8

# Bibliografía

1. Dubois G (2005). An overview of radon surveys in Europe. Disponible en: <https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/30b38f3c-200f-43e4-a829-438c55d921ac/language-en/format-PDF/source-92648951>
2. Asociación española para la calidad (AEC). Disponible en: [https://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/indicadores?p\\_p\\_id=56\\_INSTANCE\\_e0N5&p\\_p\\_lifecycle=1&p\\_p\\_state=maximized&p\\_p\\_col\\_id=column-2&p\\_p\\_col\\_count=1](https://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/indicadores?p_p_id=56_INSTANCE_e0N5&p_p_lifecycle=1&p_p_state=maximized&p_p_col_id=column-2&p_p_col_count=1)
3. Auvinen A et al. (2005). Radon and other natural radionuclides in drinking water and risk of stomach cancer: a case-cohort study in Finland. *Int J Cancer J Int Cancer*; 114(1): 109-13.
4. Barbosa-Lorenzo R et al. (2015). Radón residencial y cáncer de pulmón. Un estudio ecológico en Galicia. *Med Clin (Barc)*. 2015; 144(7):304–308.
5. Barbosa-lorenzo R et al. (2016). Residential radon and cancers other than lung cancer: a cohort study in Galicia, a Spanish radon-prone area. *Eur J Epidemiol*; DOI 10.1007/s10654-016-0134-x
6. Barbosa-Lorenzo R et al. (2017). Residential radon and lung cancer: a cohort study in Galicia, Spain. *Cad. Saúde Pública* 2017; 33(6):e00189415.
7. Barros-Dios JM et al. (2002). Exposure to residential radon and lung cancer in Spain: a population-based case-control study. *Am J Epidemiol*; 15; 156(6): 548-55.
8. Barros-Dios JM et al. (2012). Residential radon exposure, histologic types, and lung cancer risk. A case-control study in Galicia, Spain. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev*; 21(6): 951-8.
9. Biological Effects of Ionizing Radiation IV Report (1988). *Health risks of radon and other internally deposited Alpha-emitters*. BEIR, National Academy Press, Washington D.C.
10. Biological Effects of Ionizing Radiation VI Report (1999). *Health effects of exposure to indoor radon*. BEIR, National Academy Press, Washington D.C.
11. Bochicchio F et al. (2012). Quantitative evaluation of the lung cancer deaths attributable to residential radon: A simple method and results for all the 21 Italian Regions. *Radiation Measurements*; 50: 121-126.
12. Bräuner EV et al. (2013). Residential radon and brain tumour incidence in a Danish cohort. *PloS One*; 8(9):e74435
13. Catelinois O et al. (2006). Lung cancer attributable to indoor radon exposure in France: impact of the risk models and uncertainty analysis. *Environ Health Perspect*; 114(9): 1361-66.
14. Consejo de Seguridad Nuclear, <https://www.csn.es/ca/mapa-del-potencial-de-radon-en-espana>
15. Darby S et al. (2005). Radon in homes and risk of lung cancer: collaborative analysis of individual data from 13 European case-control studies. *BMJ*, 330(7485):223-227.

16. Darby S et al. (2006). Residential radon and lung cancer: detailed results of a collaborative analysis of individual data on 7148 subjects with lung cancer and 14208 subjects without lung cancer from 13 epidemiologic studies in Europe. *Scand J Work Environ Health*, 32 Suppl1: 1-83.
17. Del Risco Kollerud R et al. (2014). Risk of leukaemia or cancer in the central nervous system among children living in an area with high indoor radon concentrations: results from a cohort study in Norway. *BR J Cancer*; 111(7): 1413-20.
18. Directiva 2013/59/Euratom del Consejo 5 de diciembre de 2013 por la que se establecen normas de seguridad básica para la protección contra los peligros derivados de la exposición a radiaciones ionizantes.
19. Frutos Vázquez B et al. (2010). Protección frente a la inmisión de gas radón en edificios. Colección Informes Técnicos 24.2010. Disponible en: <https://www.csn.es/documents/10182/27786/INT-04.20+Protecci%C3%B3n+frente+a+la+inmisi%C3%B3n+de+gas+rad%C3%B3n+en+edificios>
20. Frutos Vázquez B et al. (2014). Técnica de ventilación como medida de rehabilitación frente a la inmisión de gas radón en edificios y su repercusión en la eficiencia energética. Congreso Latinoamericano REHABEND 2014. Disponible en: <https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/5748/T%c3%a9cnica%20de%20ventilaci%c3%b3n.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
21. García-Talavera M et al. (2013). El mapa predictivo de exposición al radón en España. Colección Informes Técnicos 38.2013. Disponible en: <https://www.csn.es/documents/10182/27786/INT-04-31%20El%20mapa%20predictivo%20de%20exposici%C3%B3n%20al%20rad%C3%B3n%20en%20Espa%C3%B1a>
22. Garcia-Talavera, M et al. (2013). Avances reguladores en el control de la exposición al radón en España. *Radioproteccion (Madrid)*, 75(XX), 32-35.
23. Godet JL, Strand P, Dechaux E, Mrdakovic Popic J. French Nuclear Safety Authority (ASN), Norwegian Radiation Protection Authority (NRPA). Radon National Action Plan. Report of an International Workshop. Norwegian Radiation Protection Authority, 2015.
24. Gray A et al. (2009). Lung cancer deaths from indoor radon and the cost effectiveness and potential of policies to reduce them. *BMJ*; 338:a3110.
25. Consejo de seguridad Nacional (2010). Guía de Seguridad 11.1. Directrices sobre la competencia de los laboratorios y servicios de medida de radón en aire. Disponible en: <http://piramidenormativa.sne.es/Repositorio/CSN/gS-11.01.pdf>
26. Consejo de seguridad Nacional (2012). Guía de seguridad 11.2 para el control de la exposición a fuentes naturales de radiación. Disponible en: <https://www.csn.es/documents/10182/896572/GS%2011-02%20Control%20de%20la%20exposici%C3%B3n%20a%20fuentes%20naturales%20de%20radiaci%C3%B3n>

27. Consejo de seguridad Nacional (2012). Guía de Seguridad 11.4. Metodología para la evaluación de la exposición al radón en los lugares de trabajo. Disponible en: <http://piramidenormativa.sne.es/Repositorio/CSN/GSG-11.04%20Evaluacion%20de%20exposicion%20al%20radon%20en%20trabajo.pdf>
28. IARC (1988). Man-made Mineral Fibres and Radon. *IARC Monogr Eval Carcinog Risks Hum*, 43:1-300.
29. ICRP (2009). Report of the International Commission on Radiological Protection, Noviembre de 2009.
30. ICRP (2011). Radiological Protection against Radon Exposure, 6 Diciembre de 2011.
31. Instrucción IS-33, sobre criterios radiológicos para la protección frente a la exposición a la radiación natural, CSN, 2011.
32. Krewski D et al. (2005). Residential radon and risk of lung cancer: a combined analysis of 7 North American case-control studies. *Epidemiology*, 16:137-145.
33. Krewski D et al. (2006). A combined analysis of North American case-control studies of residential radon and lung cancer. *J Toxicol Environ Health A*, 69:533-597.
34. Kurttio P et al. (2006). Well wáter radioactivity and risk of cancers of the urinary organs. *Environ Res*; 102(3): 333-8.
35. Lanz PM et al. (2013). Radon, Smoking and Lung Cancer: The Need to Refocus Radon Control Policy. *American Journal of Public Health*, 103:3.
36. Llorca J et al. (2007). Falta de asociación entre las concentraciones de radón en el domicilio y el cáncer de pulmón en Cantabria. *Arch Bronconeumol*; 43(12):695-6.
37. Lubin JH et al. (2004). Risk of lung cancer and residential radon in China: pooled results of two studies. *Int J Cancer*, 109:132-137.
38. Menzler S et al. (2008). Population attributable fraction for lung cancer due to residential radon in Switzerland and Germany. *Health Phys*; 95: 179-189.
39. Federal Office of Public Health FOPH Swiss Confederation (2011). National Action Plan concerning Radon 2012-2020.
40. Environmental Protection Agency (2014). National Radon Control Strategy for Ireland. Disponible en: <https://www.dccae.gov.ie/en-ie/environment/publications/Documents/4/National%20Radon%20Control%20Strategy.pdf>
41. Organización Mundial de la Salud (2016). Nota descriptiva Junio 2016. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs291/es/>
42. Organización Mundial de la Salud (2015). Manual de la OMS sobre el radón en interiores: una perspectiva de salud pública. Disponible en: [http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/161913/1/9789243547671\\_spa.pdf?ua=1](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/161913/1/9789243547671_spa.pdf?ua=1)
43. Ministero della Sallute (2002). Piano Nazionale Radon. Disponible en: <http://old.iss.it/binary/radon/cont/PNRtesto.pdf>

44. Piedecausa García B et al. (2011). Radiactividad natural de los materiales de construcción. Aplicación al hormigón. Parte II. Radiación interna: el gas radón. *Revista Técnica CEMENTO HORMIGÓN*, 946: 34-50. Disponible en: [https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/27056/1/Radiactividad%20natural%20de%20los%20materiales%20de%20construcci%C3%B3n Parte%20II.pdf](https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/27056/1/Radiactividad%20natural%20de%20los%20materiales%20de%20construcci%C3%B3n%20Parte%20II.pdf) Pérez-Ríos M et al. (2010). Attributable mortality to radon exposure in Galicia, Spain. Is it necessary to act in the face of this health problem? *BMC Public Health*; 10: 256.
45. Autorité de sûreté nucléaire (2011). Plan nacional d'actions 2011-2015 pour la gestion du risque lié au radon. Disponible en: <https://www.asn.fr/Informer/Dossiers-pedagogiques/Le-radon/Plans-nationaux-d-action-pour-la-gestion-du-risque-lie-au-radon/Plan-national-d-action-2011-2015-pour-la-gestion-du-risque-lie-au-radon>
46. Autorité de sûreté nucléaire (2015). Plan nacional d'action 2016-2019 pour la gestion du risque lié au radon. Disponible en: <https://www.asn.fr/Informer/Dossiers-pedagogiques/Le-radon/Plans-nationaux-d-action-pour-la-gestion-du-risque-lie-au-radon/Plan-national-d-action-2016-2019-pour-la-gestion-du-risque-lie-au-radon>
47. Environmental Protection Agency (2011). Protecting People and Families from Radon. A Federal Action Plan for Saving Lives. Disponible en: [https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-08/documents/Federal\\_Radon\\_Action\\_Plan.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-08/documents/Federal_Radon_Action_Plan.pdf)
48. Raaschou-Nielsen O et al. (2008). Domestic radon and childhood cancer in Denmark. *Epidemiol Camb Mass*; 19(4): 536-43.
49. RADPAR Project, Radon Prevention and Remediation. Newsletter No. 1, Julio 2009.
50. RADPAR Project, Radon Prevention and Remediation. Newsletter No. 6, Mayo 2012.
51. Consejo de Seguridad Nacional (2011). Reglamento sobre protección sanitaria contra las radiaciones ionizantes (RPSRI). Disponible en: [http://piramidenormativa.sne.es/Repositorio/CSN/RD\\_783-2001%20Reglamento%20proteccion%20sanitaria%20sobre%20rad%20ion.pdf](http://piramidenormativa.sne.es/Repositorio/CSN/RD_783-2001%20Reglamento%20proteccion%20sanitaria%20sobre%20rad%20ion.pdf)
52. Ruano-Raviña A et al. (2007). Radón y cáncer de pulmón. Implicaciones para profesionales sanitarios, ciudadanos y administraciones públicas. *Med Clin (Barc)*; 128(4): 545-9.
53. Ruano-Raviña A et al. (2013). Radón interior. Un carcinógeno laboral olvidado. *Arch Prev Riesgos Labor*; 16(1):5-6.
54. Ruano-Raviña et al. (2014). Radón interior y salud pública en España. Tiempo para la acción. *Gac. Sanit.*; 28(6):439-441.
55. Ruano-Raviña et al. (2014). Residential radon exposure and esophageal cancer. An ecological study from an area with high indoor radon concentration (Galicia, Spain). *Int J Radiat Biol*; 90(4): 299-305.
56. Ruano-Raviña et al. (2017). Residential radon exposure and brain cancer: an ecological study in a radon prone area (Galicia, Spain). *Scientific Reports*; 7: 3595.

57. Suárez Mahou E et al. (2000). Proyecto MARNA. Mapa de radiación gamma natural. Colección Informes Técnicos 5. 2000. Disponible en: <https://www.csn.es/documents/10182/27786/INT-04-02+Proyecto+Marna.+Mapa+de+radiaci%C3%B3n+gamma+natural>
58. Torres-Durán M et al. (2014). Lung cancer in never-smokers: a case-control study in a radon-prone area (Galicia, Spain). *Eur Respir J*; 44(4): 994-1001.
59. Turner Mc et al. (2012). Radon and COPD mortality in the American Cancer Society Cohort. *Eur Respir J*; 39(5): 1113-9.
60. United States Environmental Protection Agency (USEPA). Conducting Human Health risk assessment. <https://www.epa.gov/risk/conducting-human-health-risk-assessment>
61. US Environmental Protection Agency. A Citizen's Guide to Radon: The Guide to Protecting Yourself and Your Family from Radon. Washington, US Environmental Protection Agency, 2012. Available from: [www.epa.gov/radon/pubs/citguide.html](http://www.epa.gov/radon/pubs/citguide.html)
62. Wheeler BW et al. (2012). Radon and skin cancer in southwest England: an ecologic study. *Epidemiol Camb Mass*; 23(1):44-52.
63. Zeeb H. Shannoun F. WHO Hadbook on Indoor Radon: a Public Health Perspective. Geneva, World Health Organization, 2009.



9

**Anexo**

## Cronograma de actuación

Actividad	2020	2021	2022	2023	2024
<b>1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Análisis bibliográfico.</li> <li>- Análisis para la estimación de casos de cáncer de pulmón atribuibles a la exposición al radón.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Actualización y continuación del análisis, si procede.</li> <li>- Acciones de vigilancia sanitaria.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Actualización y continuación del análisis, si procede.</li> <li>- Acciones de vigilancia sanitaria.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Actualización y continuación del análisis, si procede.</li> <li>- Acciones de vigilancia sanitaria.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Actualización y continuación del análisis, si procede.</li> <li>- Acciones de vigilancia sanitaria.</li> </ul>
<b>2</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Caracterizar las zonas kársticas de estudio.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Determinar el contenido de radón en agua en las redes de abastecimiento.</li> <li>- Llevar a cabo medidas de radón en viviendas y puestos de trabajo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Analizar estadísticamente los datos obtenidos.</li> <li>- Aplicar modelos numéricos y extrapolarlos al mapa de potencial de radón.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Integrar los resultados de las medidas de los mapas especificados en la Ficha CSN/1-II.</li> <li>- Actualizar el mapa de potencial de radón de España del CSN.</li> </ul>
<b>3</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Planificar los ejercicios de intercomparación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Realizar un ejercicio de intercomparación y una Jornada técnica para los participantes.</li> <li>- Elaborar informes de resultados.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Realizar un ejercicio de intercomparación en cámara de radón, con atmósfera controlada.</li> <li>- Celebrar una Jornada técnica de presentación de resultados.</li> <li>- Elaborar informes de resultados.</li> </ul>

Actividad	2020	2021	2022	2023	2024
4	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Seleccionar los equipos de medida en continuo.</li> <li>- Seleccionar las localizaciones de medida idóneas y poner en servicio la red piloto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Adquisición de datos del 1<sup>er</sup> año.</li> <li>- Verificaciones y controles de calidad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Analizar estadísticamente las series y mejoras.</li> <li>- Adquisición de datos del 2<sup>o</sup> año.</li> <li>- Verificaciones y controles.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Analizar los resultados globales y elaborar el informe final.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Revisar las Guías del CSN y protocolos de medida en función de los resultados reflejados en el informe final.</li> </ul>
5	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Extraer la información de las medidas de radón en agua de SINAC.</li> <li>- Analizar los datos en comparación con los obtenidos a partir de proyectos de I+D.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Efectuar determinaciones de radón en agua.</li> <li>- Desarrollar una metodología estandarizada para evaluar en laboratorio la exhalación de los materiales de construcción.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Caracterizar radiológicamente los materiales y elementos de construcción.</li> <li>- Evaluar la contribución de la exhalación procedente de los materiales de construcción al radón en el aire interior.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Investigar distintas técnicas de remediación y tratamientos que permitan reducir la exhalación de radón de materiales con alto contenido.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estimar las dosis por radón debidas al agua y a los materiales de construcción.</li> <li>- Elaborar informes de resultados.</li> </ul>
6	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aprobación de la sección HS 6 del CTE.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Seguimiento y análisis de su aplicación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Seguimiento y análisis de su aplicación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Seguimiento y análisis de su aplicación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Seguimiento y análisis de su aplicación.</li> </ul>
7	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desarrollo del plan.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desarrollo del plan.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desarrollo del plan.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desarrollo del plan.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desarrollo del plan.</li> </ul>
8	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Obtención de datos y volcado de los mismos en plataforma.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mantenimiento y mejora de datos de información territorial.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mantenimiento y mejora de datos de información territorial.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mantenimiento y mejora de datos de información territorial.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mantenimiento y mejora de datos de información territorial.</li> </ul>

Actividad	2020	2021	2022	2023	2024
<b>9</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Análisis de la bibliografía relacionada.</li> <li>- Selección de Agencia de Evaluación de Tecnologías Sanitarias.</li> <li>- Inicio de la evaluación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Continuación de la evaluación.</li> <li>- Redacción y publicación del informe de evaluación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Continuación de la evaluación.</li> <li>- Redacción y publicación del informe de evaluación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Continuación de la evaluación.</li> <li>- Redacción y publicación del informe de evaluación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Continuación de la evaluación.</li> <li>- Redacción y publicación del informe de evaluación.</li> </ul>
<b>10</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Análisis de la sistemática para el cálculo dosimétrico en los lugares de trabajo y estudio bibliográfico.</li> <li>- Desarrollo de la metodología para las estimaciones de dosis en base a las variables del lugar de trabajo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Identificar los lugares de trabajo para los estudios piloto de estimación dosimétrica.</li> <li>- Adecuar una cámara de radón para la realización de medidas.</li> <li>- Realizar una intercomparación en la cámara de radón.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hacer medidas en los lugares de trabajo y determinar los factores de conversión a dosis específicos.</li> <li>- Aplicar y validar un modelo dinámico de las concentraciones de radón y descendientes en recintos interiores.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Definir procedimientos del cálculo dosimétrico en lugares de trabajo, que puedan ser incorporados a la Guía de Seguridad 11.4 del CSN.</li> </ul>
<b>11</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Publicación inicial.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Revisión e inclusión de nuevos contenidos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Revisión e inclusión de nuevos contenidos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Revisión e inclusión de nuevos contenidos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Revisión e inclusión de nuevos contenidos.</li> </ul>

Actividad	2020	2021	2022	2023	2024
<b>12</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Recopilación de información para el desarrollo del Portal web.</li> <li>- Envío de encuestas a la población y/o grupos específicos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desarrollo de material divulgativo.</li> <li>- Análisis de encuestas.</li> <li>- Campañas de divulgación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mantenimiento y actualización de contenidos</li> <li>- Campañas de divulgación.</li> <li>- Desarrollo de materiales específicos según grupo de interés.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mantenimiento y actualización de contenidos</li> <li>- Campañas de divulgación.</li> <li>- Desarrollo de materiales específicos según grupo de interés.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mantenimiento y actualización de contenidos</li> <li>- Campañas de divulgación.</li> <li>- Desarrollo de materiales específicos según grupo de interés.</li> </ul>

### Acciones asociadas a cada objetivo y eje de la acción frente al radón y Organismo responsable

Eje	Objetivo estratégico	Objetivo específico	Acción	Organismo responsable
<b>Conocimiento e infraestructura básica</b>	Conocer la magnitud del problema, e identificar y solventar las carencias o dificultades para la aplicación de controles o soluciones efectivas	Evaluar la exposición de la población al radón (considerando las contribuciones del suelo, del agua y de los materiales de construcción), y estimar su incidencia en la salud de la población	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desarrollo de campañas de mediciones, en colaboración con CCAA y ayuntamientos.</li> <li>- Desarrollar mapas de potencial de radón a escala regional o local y producir el mapa nacional de exposición poblacional.</li> </ul>	Consejo de Seguridad Nuclear (CSN)
		Asegurar la fiabilidad y la calidad de las determinaciones de concentración de radón o dosis	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estudiar las contribuciones a las dosis por radón del agua y los materiales de construcción.</li> <li>- Identificar la capacidad técnica metrológica y dosimétrica en términos de la oferta existente y la demanda prevista.</li> <li>- Fomentar desarrollo de una infraestructura metrológica acorde con las necesidades de la acción frente al radón y los requerimientos reglamentarios, y que garantice la homogeneidad y la trazabilidad de las mediciones. Apoyar la organización de intercomparaciones.</li> </ul>	

Eje	Objetivo estratégico	Objetivo específico	Acción	Organismo responsable
		<p>Evaluar la exposición de la población al radón (considerando las contribuciones del suelo, del agua y de los materiales de construcción), y estimar su incidencia en la salud de la población</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estudiar las contribuciones a las dosis por radón del agua y los materiales de construcción.</li> <li>- Estimar el número de cánceres atribuibles al radón en la situación actual y hacer proyecciones sujetas al cumplimiento de los objetivos previstos en la acción frente al radón.</li> </ul>	<p>Ministerio de Sanidad</p>
<p><b>Edificación</b></p>	<p>Reducir la concentración de radón en los edificios</p>	<p>Desarrollar y actualizar la Normativa</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Analizar necesidades de nueva regulación, no contempladas o no disponibles. Desarrollo de las mismas.</li> </ul>	<p>Ministerio de Movilidad, Transportes y Agenda Urbana</p>
		<p>Realizar formaciones</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desarrollar actuaciones específicas encaminadas a la formación de los agentes intervinientes en el ámbito de la construcción.</li> </ul>	
		<p>Diseñar programas de intervención</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estimación de costes.</li> </ul>	

Eje	Objetivo estratégico	Objetivo específico	Acción	Organismo responsable
		Analizar la afección en función de las tipologías arquitectónicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Identificar y evaluar la aplicabilidad y determinar la efectividad en España de las distintas soluciones constructivas frente al radón en la edificación utilizadas en el ámbito internacional.</li> <li>- Evaluar la posible integración de datos de radón en las plataformas de información urbanística.</li> </ul>	
		Diseñar e impulsar instrumentos de apoyo a nivel autonómico y municipal	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Facilitar asistencia técnica en el ámbito de la construcción.</li> <li>- Desarrollar sectorialmente instrumentos financieros para particulares y PYMES (habilitar subvenciones, deducciones fiscales, etc.).</li> <li>- Integrar la prevención contra el radón en los planes urbanísticos.</li> </ul>	Comunidades Autónomas



Eje	Objetivo estratégico	Objetivo específico	Acción	Organismo responsable
<b>Lugares de trabajo</b>	Reducir las exposiciones ocupacionales al radón y garantizar la implantación del nivel de referencia y el cumplimiento del límite de dosis para trabajadores expuestos	Monitorizar y fomentar el cumplimiento de la legislación y reglamentación aplicable a los lugares de trabajo	- Analizar la pertinencia de vigilancia sanitaria específica para los trabajadores que hayan estado expuestos durante periodos prolongados a dosis anuales superiores a 20 mSv/año.	Ministerio de Sanidad
<b>Zonas de actuación prioritaria</b>	Dotar a las autoridades locales de medidas de acción para reducir la exposición al radón	Desarrollar una metodología fácilmente aplicable en las zonas más afectadas	- <i>Toolkit</i> en zonas de acción prioritaria. - Guía para rehabilitación de edificios frente al radón. - Guías de buenas prácticas en temas de agua.	Transversal
<b>Comunicación y concienciación</b>	Potenciar la concienciación del público, profesionales y administraciones	Aumentar la concienciación pública sobre los efectos del radón en la salud, y en particular, en combinación con el tabaco	- Elaboración de folletos y vídeos informativos. - Desarrollo de sistemas de comunicación (página web, redes sociales). - Organización de jornadas divulgativas - Desarrollar actuaciones de información y concienciación enfocadas al usuario, en edificación existente.	Transversal

Eje	Objetivo estratégico	Objetivo específico	Acción	Organismo responsable
<b>Coordinación, gestión y evaluación de la acción frente al radón</b>	Coordinar y gestionar la acción frente al radón	Coordinar los Organismos e Instituciones participantes en la acción frente al radón	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Organizar y preparar las reuniones del Comité.</li> <li>- Mantener, en caso necesario, reuniones bilaterales.</li> </ul>	Ministerio de Sanidad
		Fomentar el compromiso de las administraciones públicas y la integración del radón en los programas y planes afines	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Facilitar con ayudas la integración de los distintos niveles de la administración pública en el desarrollo de programas relacionados con el radón.</li> </ul>	
	Evaluación	Llevar a cabo el seguimiento de la acción frente al radón y, en caso necesario, hacer propuestas de revisión de los objetivos específicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elaborar informes periódicos anuales de seguimiento.</li> <li>- Evaluar con carácter quinquenal la acción frente al radón, incluyendo propuestas de revisión de los objetivos estratégicos.</li> </ul>	